Aus der Strahlenklinik der Universität
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochement
und der Medizinischen Klinik der Universität
Direktor: Prof. Dr. med. G. A. Martini
und der Kinderklinik der Universität
Direktor: Prof. Dr. med. F. Linneweh
Marburg/Lahn

Röntgenologisch erkennbare, altersgemäße Veränderungen der Lungenstrukturen bei Normalpersonen sowie das pathologische Verhalten der Pulmonalgefäße bei Mitralstenose

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Imme Odenwälder, geb. Schreiber
aus Dessau/Anhalt

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Strahlenklinik der Universität
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochement
und der Medizinischen Klinik der Universität
Direktor: Prof. Dr. med. G. A. Martini
und der Kinderklinik der Universität
Direktor: Prof. Dr. med. F. Linneweh
Marburg/Lahn

Röntgenologisch erkennbare, altersgemäße Veränderungen der Lungenstrukturen bei Normalpersonen sowie das pathologische Verhalten der Pulmonalgefäße bei Mitralstenose

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Imme Odenwälder, geb. Schreiber

aus Dessau/Anhalt

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg (Lahn) am 22. 2. 1968

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. R. Siegert

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. W. Schermuly

Correferent: Prof. Dr. med. F. Linneweh

INHALTSVERZEICHNIS

I. Vorbemerkungen und Fragestellung

II. Eigene Untersuchungen

Teil A: Normale Lungenaufnahmen

1) Auswahl des Materials

2) Methodik der Auswertung

3) Untersuchungsergebnisse

Teil B: Lungenaufnahmen von Patienten mit Mitralstenose

1) Auswahl des Materials

2) Methodik der Auswertung

3) Untersuchungsergebnisse

Teil C: Planimetrische Untersuchung zur Mitteldruckbestimmung im kleinen Kreislauf

1) Planimetrierung der Pulmonalarteriendruckkurve zum Vergleich mit den errechneten Mitteldruckwerten

2) Planimetrierung der Pulmonalkapillardruckkurve

3) Korrelation zwischen mittlerem Pulmonalarteriendruck und mittlerem Pulmonalkapillardruck

III. Diskussion

IV. Zusammenfassung

V. Literaturverzeichnis

I. VORBEMERKUNGEN UND FRAGESTELLUNG

Die röntgenologische Beurteilung der Lungenstrukturen hat in den letzten Jahren - in erster Linie infolge der Fortschritte der Herzchirurgie - zunehmende Bedeutung gewonnen. Auch im gewöhnlichen dorsoventralen Übersichtsbild sind durch Drucksteigerung im kleinen Kreislauf bedingte Veränderungen der Pulmonalgefäßzeichnung erkennbar. Unter den Lungendrucksteigerungen kardialer Ursache stellt die Mitralstenose eines der klinisch wichtigsten Krankheitsbilder dar. Ebenso führt jedoch ein Links-Rechts-Shunt sowie das chronische Cor pulmonale verschiedener Genese zu typischen Umformungen des normalen Lungenbildes. Die Dilatation der Arteria pulmonalis wird von verschiedenen Autoren als wichtiges Kriterium für die Diagnose einer arteriellen Hypertension des kleinen Kreislaufs gewertet. Für eine objektive Aussage über eine Erweiterung der Arterie ist der zahlenmäßige Vergleich mit dem normalen Durchmesser erforderlich. Jedoch sind die Angaben in der Literatur über die normale altersentsprechende Weite dieses Gefäßes noch unzureichend und zum Teil widersprechend.

In der vorliegenden Arbeit wurden daher an Röntgenaufnahmen von Normalpersonen aller Altersstufen der Durchmesser der rechten absteigenden Pulmonalarterie (pars intermedia) gemessen sowie andere röntgenologisch faßbare Merkmale des normalen Lungenbildes untersucht. Insbesondere galten die Untersuchungen der Frage, ob den einzelnen Altersstufen jeweils ein charakteristisches Maß der Lungengefäße in verschiedenen Lungenabschnitten entspricht.

Weiterhin wurden die röntgenologisch erkennbaren Strukturveränderungen bei Mitralstenose zu dem mittels Herzkatheterisierung gemessenen mittleren Pulmonalarteriendruck in Beziehung gesetzt, um festzustellen, inwieweit mit Hilfe des gewöhnlichen Röntgenbildes der Grad der pulmonalen Hypertonie beurteilt werden kann. In diesem Zusammenhang ergab sich die Notwendigkeit, die Anwendbarkeit der zur Berechnung des mittleren Pulmonalarteriendruckes gebräuchlichen Formel planimetrisch zu prüfen.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Teil A: Normale Lungenaufnahmen

1) Auswahl des Materials

Die Untersuchungen erfolgten an Hand von insgesamt 1504 dorsoventralen Thoraxübersichtsaufnahmen. Ausgewertet wurden lediglich Fälle, bei denen weder eine Herz- oder Lungenerkrankung vorlag, noch der Verdacht auf eine solche bestand. Ferner wurden alle diejenigen Fälle von der Untersuchung ausgeschlossen, bei denen ein mediastinaler Prozeß, eine intrathorakale Struma, ein Zwerchfellhochstand infolge Hepato- oder Splenomegalie, eine stärkere Skoliose oder irgendeine andere, die normale Form und Funktion der Thoraxorgane beeinträchtigende Erkrankung vorlag. Desgleichen wurden Aufnahmen nach abgeklungener Herz- oder Lungenkrankheit nicht ausgewertet.
Die Fälle gliedern sich wie folgt in Altersstufen auf:

Alter	Anzahl der Fälle
0- 1	126
1- 3	159
3- 6	188
6- 9	149
9-12	164
12-15	118
15-30	200
30-50	200
50-70	200

Tab. 1: Aufgliederung der Fälle in Altersstufen

In den 3 Gruppen des Erwachsenenalters wurden jeweils 200 technisch einwandfreie, im Stehen aufgenommene Übersichtsbilder aus der Medizinischen Universitäts-Klinik Marburg ausgewertet (Fokusfilmabstand 150 cm; Aufnahmespannung 45-65kV). In den Altersstufen des Säuglings- und Kindesalters wurden alle normalen Lungenaufnahmen aus den Jahren 1950 bis 1964 der Universitäts-Kinderklinik Marburg untersucht. Bei Kindern zwischen dem 3. und 15. Lebensjahr war die Aufnahmetechnik

die gleiche wie im Erwachsenenalter. Kleinkinder unter 3 Jahren wurden im Sitzen oder Hängen und bei einem Fokusfilmabstand von 1 m geröntgt. Bei Säuglingen erfolgten die Aufnahmen ausnahmslos im Hängen (Fokusfilmabstand 1 m). Herzfernaufnahmen sowie Thoraxbilder von Frühgeborenen wurden nicht ausgewertet.

2) Methodik der Auswertung

Folgende Kriterien wurden bei der Untersuchung berücksichtigt:

a) die Weite der absteigenden rechten Pulmonalarterie (pars intermedia);
b) der Durchmesser der orthograd dargestellten rechten Subsegmentarterie A 3 b;
c) eine Vorwölbung des Pulmonalissegments;
d) die Distanz der am weitesten peripher gelegenen Gefäße von der Thoraxwand;
e) die Höhe des Zwerchfellstandes.

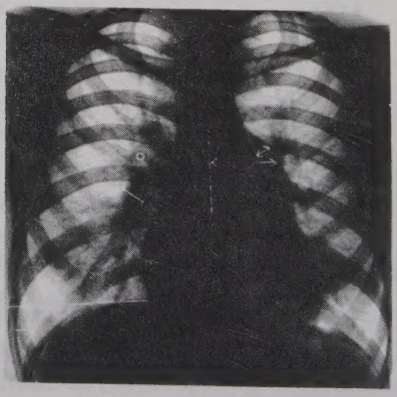


Abb. 1: Meßstellen

Im einzelnen erfolgte die Messung folgendermaßen:

a) Die Weite der A. pulmonalis wurde nach ihrer Kreuzung mit dem rechten Hauptbronchus oberhalb des Abgangs der Mittellappenarterie im rechten Winkel zum medial und parallel verlaufenden Bronchus intermedius vom Bronchus

zum äußeren Rand des Gefäßes gemessen (s. Abb. 1). An der gleichen Stelle bestimmten auch andere Autoren den Durchmesser der Pulmonalarterie (SCHWEDEL et al.; STENDER, ROUSSEL et al.). In praktisch allen Fällen sind das Aufhellungsband des Bronchus intermedius neben dem rechten Herzrand und die lateral und parallel zum Bronchus verlaufende pars intermedia der A. pulmonalis deutlich abgrenzbar, und somit ist stets der mediale Rand der Pulmonalarterie für den Meßvorgang identifizierbar. Im Säuglingsalter kann die Abgrenzung des Gefäßschattens erschwert sein, da dieser während der ersten Lebensmonate innerhalb des physiologischerweise sehr breiten Mittelschattens gelegen sein kann. In der vorliegenden Arbeit konnte das Gefäß jedoch innerhalb des ersten Lebensjahres in mindestens 80 % der Fälle sicher abgegrenzt werden. Die restlichen etwa 20 % der Lungenbilder aus dem Säuglingsalter wurden nicht ausgewertet.

b) Der Durchmesser einer orthograd getroffenen A 3b war nur in einem relativ kleinen Teil der Fälle meßbar. Kriterien für die Identifizierung des Gefäßes waren die typische Lage des runden Gefäßschattens im anterioren Oberlappensegment und der medial davon gelegene Ringschatten des zugehörigen Subsegmentbronchus (s. Abb. 1). In den drei Altersgruppen zwischen dem 15. und 70. Lebensjahr wurde die Arterie nur rechts gemessen; bei Kindern erfolgte die Messung sowohl rechts als auch links.

c) Zur Beurteilung einer Pulmonalisprominenz wurde der über die erwartete Kontur der Herzbucht hinausgehende Abstand der Pulmonalisvorwölbung gemessen. Es wurde hierzu die Aortenkontur in einem flachen, nach außen konkaven Bogen bis zum oberen Herzrand verlängert und senkrecht zu dieser Linie der größte Abstand der Pulmonalisvorwölbung von dieser Linie gemessen (s. Abb. 1).

d) Die Distanz der am weitesten lateral gelegenen peripheren Gefäßstrukturen von der Pleura wurde im Unterfeld des rechten Lungenflügels gemessen, und zwar im Gebiet des rechten Zwerchfellrippenwinkels. Dieser wurde nach oben durch eine waagerechte Tangente der Zwerchfellkuppel abgegrenzt (s. Abb. 1).

e) Für die Angabe des Zwerchfellstandes wurde die Distanz der Pleurakuppel von der Zwerchfellkuppel gemessen und in Intercostalräumen als Maßeinheit angegeben.

3) Untersuchungsergebnisse

a) Die an 1504 normalen Thoraxaufnahmen gewonnenen Meßergebnisse zeigen, daß sich der Durchmesser der rechten absteigenden Pulmonalarterie (pars intermedia) mit zunehmendem Alter vergrößert (s. Abb. 2).

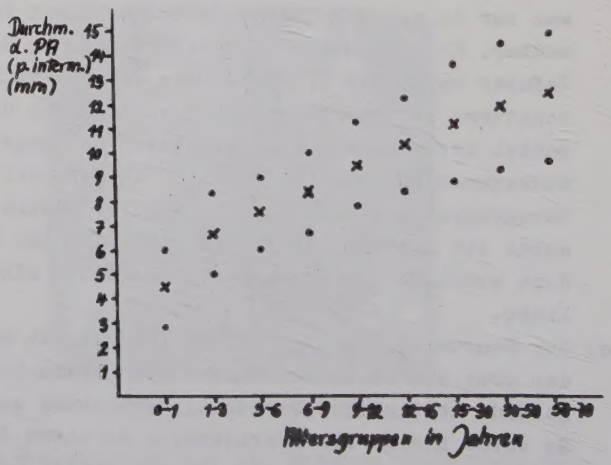


Abb. 2: Altersgemäßer Anstieg der mittleren Weite der A. pulmonalis (pars intermedia), (biologische Mittelwerte und Variationsgrenzen)

Aus Tabelle 2 geht hervor, daß jeder der bezeichneten Altersstufen eine bestimmte mittlere Weite der Pulmonalarterie entspricht, die jeweils ihre charakteristische Variationsgrenze ($V = M \pm 2\,S$) besitzt. Der kleinste Gefäßdurchmesser wurde im Säuglingsalter mit 3 mm gemessen der größte vorwiegend zwischen dem 50. und 70. Lebensjahr mit 15 mm. Am auffallendsten ist die Weitenzunahme der A. pulmonalis von der Neugeborenenperiode bis zum 3. Lebensjahr entsprechend der starken Thoraxentwicklung im frühen Kindesalter. Bei den Messungen in der Altersstufe 0 - 1 fiel auf, daß auch innerhalb des ersten Lebensjahres eine zahlenmäßig bestimmbare Zunahme des Arteriendurchmessers verzeichnet werden kann. Pulmonalarterienbreiten bis 3 mm wurden lediglich innerhalb des ersten Lebenshalbjahres gemessen, während sich eine Gefäßweite von 6 mm ausnahmslos im zweiten Lebenshalbjahr fand. Ein 7 mm breiter Gefäßdurchmesser wurde im ersten und zweiten Lebenshalbjahr je einmal gemessen. Die Untersuchungsergebnisse des Säuglingsalters gehen aus Tabelle 3 hervor.

Durchmesser d. A. pulmonalis in mm	Z a h l d. F ä l l e 0 - 6 Mon.	6 - 12 Mon.
3	9	-
4	56	7
5	35	8
6	-	9
7	1	1

Tab. 3: Durchmesser der A. pulmonalis in den beiden ersten Lebenshalbjahren

Alter in Jahren	Durchm. d. re. A. pulm. (pars interm.) in mm	Durchm d. re. A 3b in mm	Durchm. d. li. A 3b in mm	Dist. d. Gef.-strukt. v. d. Pleura in mm	Höhe d. Zwerchfell-standes in ICR
0 - 1	4,46 ± 0,07 2,86 bis 6,06 (126)	s. Tab. 4	s. Tab. 4	4,13 ± 0,17 1,45 bis 6,81 (126)	7,81 ± 0,06 6,47 bis 9,15 (126)
1 - 3	6,65 ± 0,07 5,01 bis 8,29 (159)	2,33 ± 0,33 (3)	2,5 ± 0,23 (6)	5,59 ± 0,19 0,83 bis 10,35 (159)	8,8 ± 0,06 7,2 bis 10,4 (159)
3 - 6	7,56 ± 0,05 6,08 bis 9,04 (188)	2,8 ± 0,2 (5)	2,92 ± 0,08 (13)	5,89 ± 0,2 0,39 bis 11,39 (188)	9,54 ± 0,05 8,12 bis 10,96 (188)
6 - 9	8,36 ± 0,07 6,7 bis 10,02 (149)	3,0 ± 0,17 (9)	3,36 ± 0,15 (11)	4,89 ± 0,17 0,63 bis 9,15 (149)	9,87 ± 0,05 8,73 bis 11,01 (149)
9 - 12	9,54 ± 0,07 7,8 bis 11,28 (164)	3,6 ± 0,25 (5)	3,91 ± 0,21 (11)	4,49 ± 0,15 0,53 bis 8,55 (164)	10,08 ± 0,05 8,92 bis 11,24 (164)
12 - 15	10,29 ± 0,09 8,35 bis 12,23 (118)	4,45 ± 0,25 (11)	4,57 ± 0,2 (7)	4,56 ± 0,21 0,04 bis 9,08 (118)	10,14 ± 0,05 9,08 bis 11,2 (118)
15 - 30	11,24 ± 0,08 8,84 bis 13,64 (200)	5,38 ± 0,26 (8)	-	8,23 ± 0,33 -1,23 bis 17,69 (200)	10,51 ± 0,04 9,37 bis 11,65 (200)
30 - 50	11,88 ± 0,09 9,32 bis 14,44 (200)	4,08 ± 0,11 (24)	-	6,31 ± 0,65 1,47 bis 11,15 (200)	10,66 ± 0,04 9,42 bis 11,9 (200)
50 - 70	12,17 ± 0,09 9,59 bis 14,75 (200)	4,67 ± 0,21 (6)	-	10,08 ± 0,33 4,7 bis 15,46 (200)	10,76 ± 0,04 9,52 bis 12,0 (200)

Tab. 2: Übersicht aller gemessenen Größen bei Normalpersonen (biolog. Mittelwert, Variationsgrenze, in Klammern Zahl der Fälle)

Anmerkung: Bei 100 Gesunden im Alter von 30-50 Jahren wurde der Basaldurchmesser des Herzens und der Abstand der Thoraxmitte vom Pulmonalisrand gemessen. Es ergeben sich folgende Mittelwerte:
Basaldurchmesser: M = 11,69 ± 0,08 cm (Variationsgrenze = 10,09 bis 13,29 cm)
Pulmonalisprominenz: M = 3,51 ± 0,052 cm (Variationsgrenze 2,48 bis 4,54 cm)

Mit dem Wachstum des Kindes und Jugendlichen verbreitert sich die Arterie vom 3. Lebensjahr an in jeweils 3 Jahren um durchschnittlich 1 mm, während nach dem Eintritt ins Erwachsenenalter nur noch eine langsamere Zunahme des Gefäßdurchmessers beobachtet wird. Eine Zusammenstellung der innerhalb der einzelnen Altersstufen gemessenen Arterienbreiten zeigt Abb. 3.

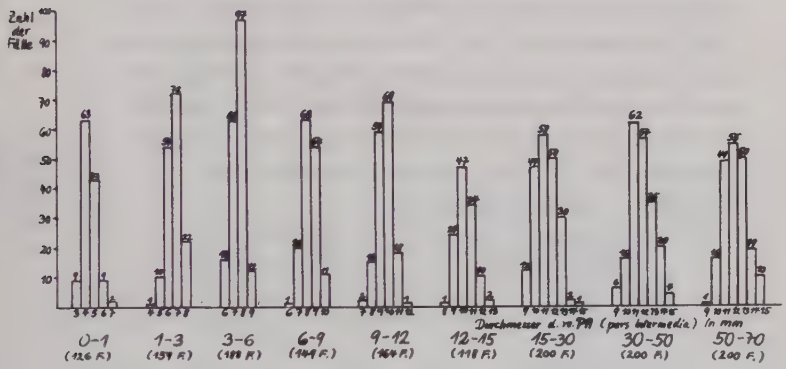


Abb. 3: Durchmesser der A, pulmonalis (pars intermedia) u. Anzahl der gemessenen Fälle in d. einzelnen Altersstufen.

Ein 15 mm breiter Durchmesser der Pulmonalarterie wurde in insgesamt 15 Fällen gemessen; davon gehörten 10 Fälle der Altersgruppe 50 - 70 und 4 Fälle der Altersgruppe 30 - 50 an. Einmal wurde eine 15 mm breite Arterie in der Altersgruppe 15 - 30 gemessen. Diese Gefäßweite stellt demnach die obere Normgrenze dar. Ein Durchmesser der A. pulmonalis von mehr als 15 mm wurde bei herz- und lungengesunden Untersuchten nicht gefunden.
Obwohl Größe und Gewicht des Körpers sowie der Konstitutionstypus Form und Proportionen der Thoraxorgane beeinflussen, ist doch die Abhängigkeit der Pulmonalgefäßweite vom Alter hervorragend und kann

dem Untersucher einen zuverlässigen Anhaltspunkt bei der röntgenologischen Beurteilung der Lungenstrombahn bieten.

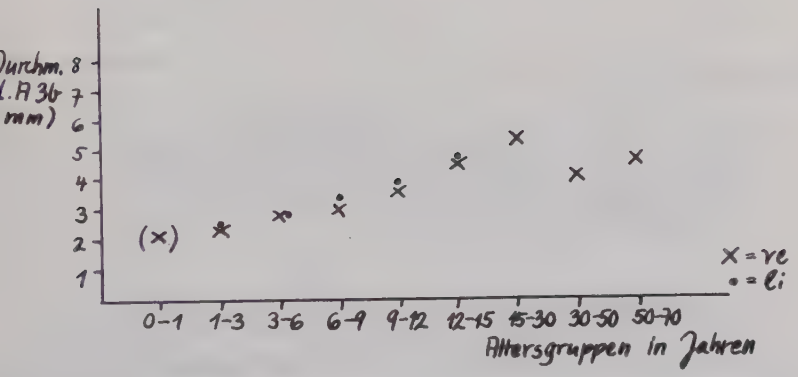
b) Der Durchmesser der im Thoraxübersichtsbild mit einer gewissen Regelmäßigkeit orthoröntgenograd zur Darstellung kommenden Subsegmentarterie 3 b des anterioren Oberlappensegments konnte bei Vorliegen der oben genannten Kriterien nur bei etwa 8 % der Fälle gemessen werden. Insgesamt liegen 125 Meßergebnisse vor. Sie gehen zahlenmäßig aus den Tabellen 2 und 4 hervor. Bei den Aufnahmen aus dem Säuglingsalter konnte das Gefäß nur in einzelnen Fällen eindeutig identifiziert werden, und zwar in 4 Fällen auf der rechten und in 2 Fällen auf der linken Seite:

Durchm. d. A 3b re. in mm	Durchm. d. A 3b li. in mm
2	2
2	2,5
2,5	
3	

Tab. 4: Durchm. d. A 3b im Säuglingsalter

Die Meßergebnisse zeigen - ebenso wie diejenigen der pars intermedia - eine mit dem Wachstum und Altern fortschreitende Zunahme des Gefäßquerschnitts (s. Abb. 4). Es fällt allerdings auf, daß der errechnete größte Arteriendurchmesser in der Altersgruppe 15-30 gefunden wurde, während sich für die Altersgruppen30 - 50 und 50 - 70 ein relativ niedriger Mittelwert ergibt. Wegen der geringen Anzahl der meßbaren Fälle können diese Untersuchungsergebnisse jedoch nicht als repräsentativ gelten.
Wie die an Thoraxaufnahmen des Kindesalters gewonnenen Meßergebnisse zeigen, liegen die Maße

der linken A 3b jeweils etwas über denjenigen der rechten anterioren Subsegmentarterie des Oberlappens. In diesem Verhalten der Gefäße spiegelt sich die physiologischerweise unterschiedliche Größe der Subsegmente beider Lungenhälften. Der linke Oberlappen variiert bezüglich der Größe am stärksten. Das Subsegment 3b und die zugehörige A 3b sind links häufig relativ größer als rechts.



. 4: Mittlere Weite der A 3b in den einzelnen Altersstufen

Die praktisch-klinische Bedeutung der Weitenbestimmung einer axial getroffenen A 3b ist wegen des geringen prozentualen Anteils der meßbaren Fälle beschränkt. Stellt sie sich jedoch als runder Fleckschatten dar, so kann das Maß ihrer Weite ein zusätzliches Kriterium bei der Analyse der Lungengefäße an Hand der gewöhnlichen Thoraxaufnahme darstellen.

c) Die Meßergebnisse der Vorwölbung des Pulmonalissegments sind in Tabelle 5 zusammengestellt:

Altersgruppe	Prominenz d. Pulmonalisbogens in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Insges.	% der Ges.zahl
3- 6	4	15	2								21 Fälle	11,1
6- 9	3	27	8								38 Fälle	25,5
9-12	10	40	12	1							63 Fälle	38,4
12-15		28	12	1							41 Fälle	34,7
15-30		27	29	11	2						69 Fälle	34,5
30-50		10	9	4	1	4	1			1*	30 Fälle	15,0
50-70		4	2								6 Fälle	3,0

Tab. 5: Anzahl der Fälle mit Pulmonalisvorwölbung und Ausmaß der Vorwölbung

*) In diesem Fall handelt es sich ebenfalls um einen gesunden Mann. Aufgrund von klin. Untersuchungen, die wegen der auffälligen Pulmonalisprominenz durchgeführt wurden, scheint es sich um eine Gefäßanomalie zu handeln.

Die Differenzierung des Mittelschattens erfolgt erst allmählich im Laufe von mehreren Jahren. Im Säuglings- und Kleinkindesalter ist die linke Herzkontur bis etwa zum 3. Lebensjahr noch wenig gegliedert. Deshalb ist bei diesen Altersstufen aufgrund der alleinigen dorsoventralen Aufnahme keine sichere Abgrenzung des Pulmonalissegments möglich. Erst mit Beginn des Schulalters ist in variablem Ausmaß eine diagnostisch verwertbare Bogenunterteilung ausgeprägt. Wie Tabelle 5 zeigt, wird bis zum 9. Lebensjahr in 25 % aller Fälle eine Pulmonalisvorwölbung von durchschnittlich 2 mm sichtbar. Die physiologische Häufung einer 2 - 3 mm messenden Pulmonalisprominenz liegt zwischen dem 9. und 30. Lebensjahr. Jedoch findet sich auch in der Altersgruppe 30 - 50 eine meßbare Vorwölbung des Pulmonalisbogens in 15 % der Fälle.

d) Bei der Bestimmung der Distanz der am weitesten peripher erkennbaren Gefäße von der Pleura ergab sich eine weite Streuung der Meßergebnisse in allen Altersstufen. Im allgemeinen lassen sich die Gefäßstrukturen im Kindesalter weiter in die Peripherie verfolgen als in höheren Altersklassen. Die jeweiligen mittleren Abstände mit der zugehörigen Variationsgrenze gehen aus Tabelle 2 hervor. Man muß daraus schließen, daß dieses Kriterium einen unzuverlässigen Maßstab für die Beurteilung des Normalen darstellt. Konstitutionelle Faktoren wie der Tiefendurchmesser des Thorax und die Dicke der Thoraxweichteile haben einen wesentlichen Einfluß auf die Darstellbarkeit der Lungenzeichnung.

e) In der oben angegebenen Weise wurde der jeder Altersgruppe entsprechende mittlere Zwerchfellstand bestimmt (s. Tab. 2). Das Tiefertreten des Zwerchfells ist infolge des intensiven Wachstums des Brustkorbes in der Kindheit am deutlichsten.

Teil B: Lungenaufnahmen von Patienten mit Mitralstenose

Als Beispiel für die Anwendbarkeit der Messung der einzelnen Lungenstrukturen wurden insgesamt 179 Fälle von Mitralstenose oder kombiniertem Mitralvitium mit überwiegender Stenose aus der Medizinischen Universitätsklinik Marburg untersucht

1) Auswahl des Materials

Die Diagnose war in allen Fällen durch Herzkatheterisierung und Valvulotomie gesichert worden. Außerdem war in ausgewählten Fällen eine selektive Lungenangiographie durchgeführt worden. Die röntgenologische Beurteilung der Lungenstrombahn erfolgte ebenfalls anhand von gewöhnlichen dorsoventralen Thoraxaufnahmen. Das Mittelwertalter der Patienten betrug 35,05± 0,79 Jahre; die Variationsgrenze lag bei 18,21 bis 51,89 Jahren.

2) Methodik der Auswertung

Um die Frage zu untersuchen, inwieweit das morphologische Studium des Übersichtsbildes Rückschlüsse auf den Grad der pulmonalen Hypertonie gestattet, wurde eine Analyse der Lungenstrukturen auf Grund folgender Kriterien vorgenommen:

a) Durchmesser der pars intermedia der rechten A. pulmonalis;
b) Weite der Gefäße im Lungenkern;
c) Netzzeichnung im Lungenmantel;
d) Prominenz des Pulmonalisbogens;
e) Abstand der peripheren Gefäßstrukturen von der Thoraxwand;
f) Durchmesser der Arterie A 3b;
g) sog. Basaldurchmesser des Herzens;
h) manifeste Dekompensationszeichen (costodiaphragmale Septumlinien; Erguß; Hämosiderose).

Der Durchmesser der pars intermedia der A. pulmonalis wurde in der gleichen Weise bestimmt wie bei der Untersuchung normaler Röntgenbefunde.

Als Maß für die Vorwölbung des Pulmonalissegments wurde der Abstand der vertikal an die Konvexität des Pulmonalisbogens gelegten Tangente von der Thoraxmittellinie bestimmt und außerdem eine Beurteilung der Pulmonalisprominenz wie bei der Untersuchung der Normalpersonen vorgenommen.

Für die Messung der Arterie A 3b galten ebenfalls die gleichen Kriterien wie bei der Beurteilung normaler Lungenbilder.

Nach V. BOROS und NAUMANN wurde eine Verbindungslinie zwischen dem rechten Herzzwerchfellwinkel (Schnittpunkt des rechten Herzrandes mit dem Diaphragma [BORDET]) und der unteren Begrenzung des Pulmonalissegments gezogen, Dieser Durchmesser wird in neuerer Zeit als Basaldurchmesser bezeichnet.

Als "Basale" wurde ursprünglich von VAQUEZ und BORDET die Verbindungslinie zwischen rechter Vorhof-Zwerchfellgrenze und linker Herzohr-Ventrikelgrenze bezeichnet. Da der letztere Punkt jedoch nur sehr selten korrekt zu messen ist, der von V. BOROS und NAUMANN

vorgeschlagene Herzdurchmesser dagegen ein gutes Maß für die Breiten- und Längenzunahme des rechten Ventrikels darstellt, wurde in der vorliegenden Arbeit dieser Durchmesser herangezogen und entsprechend der neuen Auffassung Basaldurchmesser genannt (s. Abb. 5).

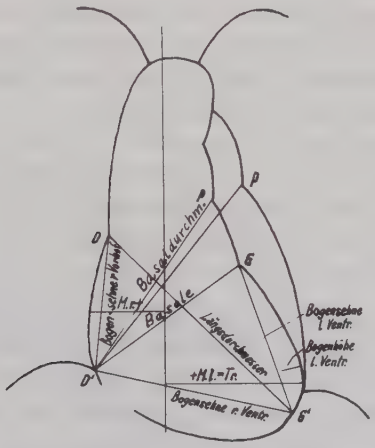


Abb. 5: Fotokopie modifiziert nach V. BOROS und NAUMANN: Das pulmonale Hochdruckherz. D'G = "Basale" nach VAQUEZ und BORDET; D'P = "neuer Durchmesser" nach V. BOROS und NAUMANN, identisch mit dem in neuerer Zeit gemessenen "Basaldurchmesser" des Herzens.

In Anlehnung an ROUSSEL, PERNOT, C., SCHOUMACHER und PERNOT, M. wurde eine Gliederung der Fälle in 4 Gruppen entsprechend dem Grad der pulmonalen Hypertonie vorgenommen. Dieser Einteilung wurde der durch Herzkatheterisierung gewonnene mittlere Druck in der Pulmonalarterie (PAm) zugrunde gelegt. Die einzelnen Gruppen umfassen folgende Druckbereiche:

Gruppe I: PAm unter 15 mm Hg (normaler Pulmonalarteriendruck; keine arterielle Hypertonie), 33 Fälle;
Gruppe II: PAm 15 bis 29 mm Hg (leichte pulmonale Hypertonie), 71 Fälle;
Gruppe III: PAm 30 bis 49 mm Hg (mittelschwere pulmonale Hypertonie), 41 Fälle;
Gruppe IV: PAm über 50 mm Hg (schwere pulmonale Hypertonie), 34 Fälle.

3) Untersuchungsergebnisse

a) Mit steigendem Pulmonalarteriendruck fand sich eine über die altersbedingte Verbreiterung hinausgehende Vergrößerung des Durchmessers der pars intermedia der rechten A. pulmonalis. Dieses Verhalten der Arterie wird besonders bei extremem intravasalen Druckanstieg deutlich. Die Erweiterung des Gefäßes ist bei mittleren Druckwerten bis 30 mm Hg gering. Die Mittelwerte der einzelnen Druckbereiche lauten:

Gruppe I : 13,39 ± 0,424 mm
Gruppe II : 13,8 ± 0,28 mm
Gruppe III : 16,05 ± 0,522 mm
Gruppe IV : 19,79 ± 0,693 mm

Der dem Mittelwertalter der Mitralstenosepatienten von 35,05 ± 0,79 Jahren entsprechende mittlere Arteriendurchmesser bei Gesunden der Altersgruppe 30 bis 50 beträgt aufgrund der vorliegenden Arbeit 11,88 ± 0,09 mm (s. Abb. 2).

Im einzelnen liegen folgende Meßergebnisse vor: In Gruppe I (31 Messungen; in 2 Fällen war die Arterie nicht eindeutig abgrenzbar) wurden Arterienweiten zwischen 9 und 18 mm gemessen. In Gruppe II lagen die Maße zwischen 10 und 20 mm (69 Messungen; in 2 Fällen war die Arterie nicht eindeutig abgrenzbar). Gruppe III (39 Messungen; in 2 Fällen konnte das Gefäß nicht eindeutig abgegrenzt werden) enthielt Arterienbreiten zwischen 9 und 23 mm mit einer Häufung der Fälle mit einem Durchmesser von 15 bis 18 mm. Die Gefäßweiten der Gruppe IV (34 Messungen) lagen mit 2 Ausnahmen zwischen 15 und 26 mm. In einem Fall war die Arterie 12 mm breit, in einem anderen Fall wurde ein Durchmesser von 32 mm gemessen; bei letzterem Patienten wurde autoptisch eine Lungenembolie diagnostiziert. Eine eindeutige Gefäßerweiterung wurde in der Gruppe IV also nur in einem Fall vermißt.

Abb. 6 zeigt, daß bei einem mittleren Pulmonalarteriendruck bis 30 mm Hg (Gruppen I und II) eine etwa gleichmäßige Verteilung der Arteriendurchmesser vom Normbereich bis zu einer Gefäßweite von 17 mm vorliegt. Bei Druckwerten über

30 mm Hg ist jedoch ein sprunghaftes Ansteigen der gemessenen Werte zu erkennen. Die auffallende Ektasie der A. pulmonalis in höheren Druckbereichen geht ebenso deutlich aus dem starken Anstieg der Mittelwerte der Gruppen III und IV hervor.

Nach der vorliegenden Untersuchung kann bei einem Arteriendurchmesser über 18 mm mit Sicherheit auf das Vorliegen einer pulmonalen Hypertonie geschlossen werden. Die obere Grenze der normalen Pulmonalarterienbreite liegt bei 15 mm; bei der Mitralstenose kommen jedoch Weiten von 15 bis 18 mm ohne wesentliche Drucksteigerung vor. Eine unmittelbare quantitative Korrelation zwischen Gefäßdurchmesser und Pulmonalarteriendruck besteht auch bei erheblicher Lungendrucksteigerung nicht.

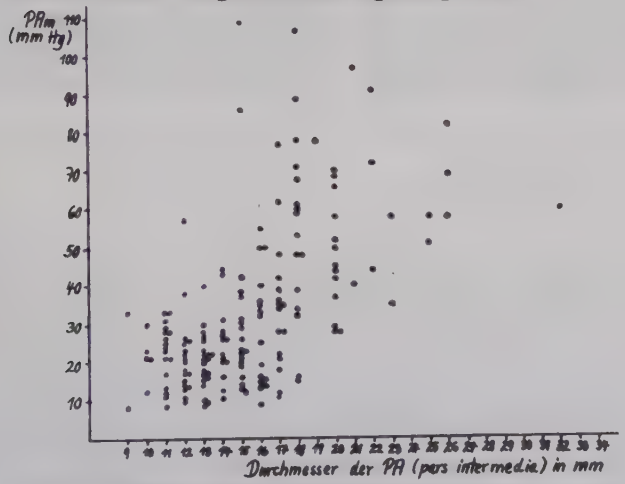


Abb. 6: Korrelation zwischen Weite der A. pulmonalis und mittlerem Pulmonalarteriendruck.

b) Bei den in dieser Arbeit untersuchten Fällen bot die Weite der Venen und Arterien im Lungenkern innerhalb der einzelnen Druckbereiche ein unterschiedliches, jeweils charakteristisches Bild. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tab. 6

zusammengestellt. Ein die pulmonale Hypertonie kennzeichnendes röntgenologisches Kriterium ist die Einengung der peripheren Lungenarterien mit abrupter Kaliberabnahme am Übergang von den erweiterten Lappen- und Segment- zu den verengten Subsegmentarterien (STEINER; DOYLE et al.; GOODWIN, ESCH und THURN; STENDER et al.).

Hervorragendes röntgenologisches Merkmal:

	Normale Gefäße	Ob,Gef., bes.Ven. erweit.	Erweit. aller zentr. Gef.	Unt. Gef. enggest.	Unt.Art. u. Ven. u.ob.Art. enggest.	Bes. Beurt. (s. Text)
Gruppe I PAm unter 15 mm Hg (33 F.)	11	12	8	-	-	2
Gruppe II PAm 15-29 mm Hg (71 F.)	16	31	18	3	2	1
Gruppe III PAm 30-49 mm Hg (41 F.)	2	11	5	22	1	-
Gruppe IV PAm über 50 mm Hg (34 F.)	-	-	3	21	8	2

Tab. 6: Weite der Gefäße im Lungenkern

Im einzelnen lauten die Befunde wie folgt: Von den 33 Röntgenaufnahmen der Gruppe I ohne pulmonale Drucksteigerung zeigten 11 (33 %) eine normale Gefäßzeichnung aller Lungenabschnitte. In 12 Fällen waren die Oberlappenvenen deutlich weitgestellt bei normaler Weite der basalen Gefäße, während die kranialen Arterien ebenfalls ein normales Gefäßkaliber aufwiesen oder nur gering erweitert waren. Eine Weitstellung aller zentralen Gefäße, insbesondere der Oberlappenvenen, wurde in 8 Fällen beobachtet. Bei 2 Fällen dieser letzteren Gruppe war außer der Erweiterung der Oberlappengefäße lediglich eine Weitstellung der basalen Venen zu erkennen. In einem weiteren Fall trat bei normalkalibrigen Lungenarterien eine Engstellung der oberen

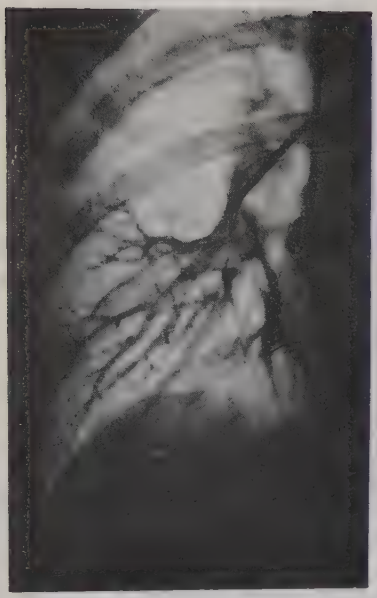


Abb. 7: Normale Gefäßstruktur der basalen Lungengefäße

Abb. 8: Kalibersprünge und Engstellung der Unterlappengefäße und weite Oberlappengefäße

und unteren Venen röntgenologisch in Erscheinung, als deren Ursache hier ein zur Kompression der Venen führender stark vergrößerter linker Vorhof diskutiert werden muß. In einem anderen Fall war eine im ganzen verminderte Gefäßfüllung zu erkennen. Bei der Häufigkeit der Venenvarianten können auch einfache anatomische Gründe die Ursache für diese Diskrepanz sein.
In der die Pat. mit leichter pulmonaler Hypertonie umfassenden Gruppe II (mittl. Pulmonalarteriendruck 16-29 mm Hg; 71 Fälle) fand sich ein normales Gefäßbild in 16 Fällen (22 %); in 8 von diesen Fällen lag der Mitteldruck in der Pulmonalarterie unter 18 mm Hg. Ausschließlich weite Oberlappenvenen wurden 20-mal beobachtet. 11 Thoraxaufnahmen zeigten neben einer deutlichen Erweiterung der Oberlappenvenen auch eine Dilatation der Arterien beider Oberlappen. In 3 Fällen waren bei normalen Arterien obere und untere Venen weitgestellt. Eine Erweiterung sämtlicher Gefäße des Lungenkerns, insbesondere der Oberlappenvenen, lag in 15 Fällen vor. 3-mal waren die basalen Arterien und Venen bei erweiterten Oberlappengefäßen enggestellt.

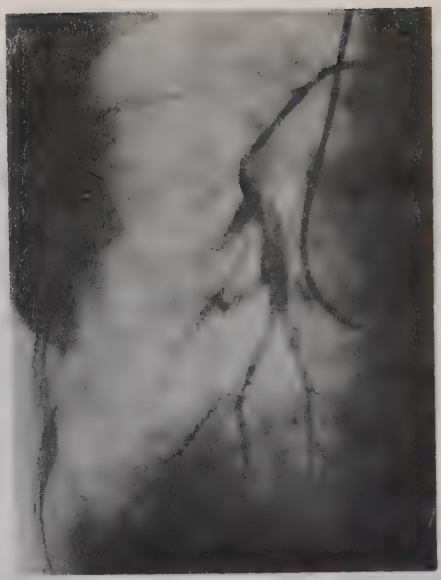


Abb. 9: Noppenartige Gefäßeinengung an den Abgängen.

2 Fälle wiesen lediglich eine Dilatation der Oberlappenvenen auf, während die basalen Gefäße sowie die Oberlappenarterien deutlich enggestellt waren. In einem Fall wurde bei sonst normalkalibrigen Gefäßen eine Engstellung der basalen Venen gefunden; in diesem Fall lag ein großes Aortenaneurysma vor.
Gruppe III (mittelschwere pulmonale Hypertonie; PAm 30 - 49 mm Hg; 41 Fälle) enthielt nur 2 Fälle (5 %) mit normaler Gefäßstruktur im Lungenkern. Die diesen Fällen entsprechenden mittleren Druckwerte der A. pulmonalis lagen bei 30,9 bzw. 33,5 mm Hg. 11 Röntgenbilder zeigten weite Oberlappengefäße, insbesonders eine Erweiterung der oberen Venen, bei normalem Kaliber der basalen Gefäße. Eine Erweiterung sämtlicherGefäße des Lungenkerns lag in 5 Fällen vor. 3-mal war bei weiten Oberlappengefäßen und normalweiten unteren Arterien eine fragliche Verengung der Unterlappenvenen zu erkennen. In 19 Fällen zeigte das Röntgenbild eine deutliche Engstellung der basalen Arterien und Venen, während die Oberlappenvenen erweitert und die Oberlappenarterien weit bis normalweit in Erscheinung traten. Eine zusätzliche Verengung der Oberlappenarterien bei auffallender Engstellung der basalen Gefäße und deutlich erweiterten oberen Venen wurde in einem Fall beobachtet.
In Gruppe IV (schwere pulmonale Hypertonie; PAm >50 mm Hg; 34 Fälle) fanden sich 3 Fälle mit sehr weiten Oberlappengefäßen und normalweiten bis erweiterten Unterlappengefässen. Eine Engstellung der basalen Venen bei normalkalibrigen Unterlappenarterien und Dilatation der kranialen

Gefäße wurde in einem Fall gesehen. 11 Fälle zeigten deutlich verengte Unterlappengefäße, während die Gefäße des Oberlappens, insbesondere die Venen, erweitert waren. In 9 Fällen lag eine Engstellung der basalen Gefäße vor bei erweiterten Oberlappenvenen und normalem Kaliber der oberen

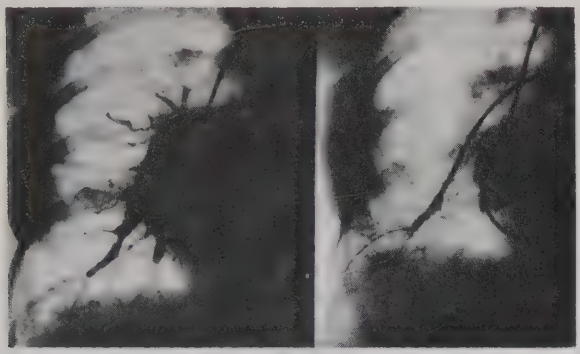


Abb. 10: Abrupte Kalibersprünge infolge peripherer Gefäßengstellung und zentraler Gefäßerweiterung

Arterien. Verengte basale Gefäße sowie enggestellte Oberlappenarterien bei Dilatation der kranialen Venen waren in 7 Fällen ausgebildet, in 2 Fällen war bei weiten Oberlappenvenen die Beurteilung der basalen Gefäße fraglich. In einem Fall lag wahrscheinlich außer der Engstellung der Unterlappengefäße und der Oberlappenarterien auch eine Verengerung der kranialen Venen vor.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei den Patienten mit Mitralstenose ohne Druckanstieg in der A. pulmonalis (Gruppe I) röntgenologisch ein normales Gefäßbild oder eine Weitstellung der Gefäße des Lungenkerns, insbesondere der Oberlappenvenen, infolge Blutrückstauung vor dem linken Herzen vorlag. Bei leichter pulmonaler Hypertension (Gruppe II) überwog eine deutliche Blutüberfüllung im kleinen Kreislauf. In Gruppe III - bei mittelschwerem pulmonalen Hochdruck - traten enggestellte Basalgefäße in Erscheinung, oder es fand sich noch das Bild der gesteigerten Blutfülle des Pulmonalkreislaufs, während bei schwerer pulmonaler Hypertonie (Gruppe IV) die basale Gefäßengstellung mit deutlich erweiterter Pulmonalarterie im Hilus das führende röntgenologische Symptom darstellte

und auffallende Kalibersprünge von den engen sklerosierten Gefäßen der Peripherie zu den breiten Hilusarterien zur Darstellung kamen.

c) Als Zeichen chronischer Rückstauung im kleinen Kreislauf mit gestörtem Lymphabfluß ist eine verstärkte Netzzeichnung in der Lungenmantelzone zu werten.
Eine Netzzeichnung des Lungenmantels zeigten 10 Röntgenaufnahmen der Gruppe I (30 %). In 3 von diesen Fällen war sie nur minimal ausgeprägt. In Gruppe II wurde eine stärkere Netzzeichnung in insgesamt 34 Fällen (47 %) gesehen; in 3 Fällen war sie nur angedeutet vorhanden. 23 Röntgenaufnahmen der Gruppe III (55 %) wiesen eine deutliche Netzzeichnung der peripheren Lungenabschnitte auf. In Gruppe IV wurde diese Veränderung ebenfalls in 23 Fällen (67 %) beobachtet. - Eine Netzzeichnung der Lungenmantelzone tritt also bei steigendem Pulmonalarteriendruck mit zunehmender Häufigkeit röntgenologisch in Erscheinung.

d) Eine Vorwölbung des Pulmonalissegments wird allgemein als wichtiger Hinweis auf das Vorliegen einer Drucksteigerung im Lungenkreislauf gewertet. Um ein objektives Maß dieser Vorwölbung zu erhalten, wurde ihr größter Abstand von der Thoraxmittellinie in der oben angegebenen Weise bestimmt. Die Meßergebnisse zeigen nahe beieinander liegende, leicht ansteigende Werte mit zunehmendem Mitteldruck in der Pulmonalarterie. Für Herzgesunde ergab sich ein Mittelwert von 3,51 $\pm$ 0,052 cm. Er wurde an 100 normalen Thoraxaufnahmen der Altersgruppe 30-50 gewonnen; die Variationsgrenze beträgt 2,48 bis 4,54 cm. Für die einzelnen Druckgruppen bei Mitralstenose lauten die Mittelwerte:

Gruppe I : 4,41 $\pm$ 0,125 cm
Gruppe II : 4,56 $\pm$ 0,101 cm
Gruppe III : 4,89 $\pm$ 0,114 cm
Gruppe IV : 5,31 $\pm$ 0,137 cm

Im einzelnen liegen folgende Meßergebnisse vor: Gruppe I enthält Maße zwischen 3 und 5,5 cm. In Gruppe II liegen die gemessenen Werte zwischen 3 und 7 cm, wobei in 64 von 69 Fällen (92 %) ein Wert zwischen 3,5 cm und 6 cm bestimmt wurde. In 2 Fällen war der Pulmonalisbogen nicht eindeutig abgrenzbar. Die Maße der Gruppe III lagen zwischen

3,5 und 6 cm. 38 von 41 Fällen (92 %) ergaben einen Abstand zwischen 4 und 6 cm. In einem Fall, in dem eine vorwiegende Mitralinsuffizienz bestand, wurden 7 cm gemessen; hier könnte die Pulmonalisvorwölbung durch einen vergrößerten linken Vorhof vorgetäuscht sein. In Gruppe IV waren die Abstände 4 bis 7 cm lang.

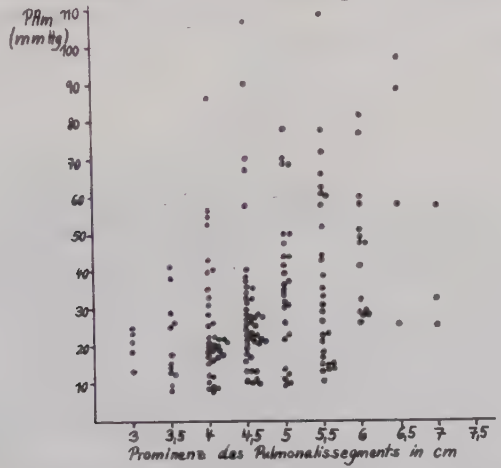


Abb. 11: Korrelation zwischen Prominenz des Pulmonalisbogens und Pulmonalarteriendruck

Abb. 11 zeigt die Beziehung zwischen Pulmonalisprominenz und mittlerem Druck in der A. pulmonalis. Die stärkste Vorwölbung findet sich bei mäßigem und schwerem Lungenhochdruck; dieses geht auch aus dem deutlicheren Anstieg der Mittelwerte der Gruppen III und IV hervor.
Die Messungen des Abstandes des Pulmonalisbogens von der Mittellinie ergeben zwar einen Anstieg der dicht beieinander liegenden Mittelwerte und auch Unterschiede vom Mittelwert der Gesunden in der Altersgruppe 30-50, wurden aber deshalb aus der Vergleichsreihe herausgenommen, weil geringe Achsendrehungen des Patienten, Fehlhaltungen wie Skoliose oder Pleuraschwielen im Einzelfall das Meßergebnis in unkontrollierbarer Weise verändern. Aus diesem Grunde legen wir mehr Wert auf die Messung des Abstandes, der dem optischen Eindruck des "vorspringenden Pulmonalisbogens" entspricht, wie es auf Seite 7 bei der Untersuchung normaler Thoraxbefunde beschrieben wurde. Tabelle 5

zeigt, daß sich bei Normalpersonen eine physiologische Häufung einer 2 - 3 mm messenden Pulmonalisprominenz zwischen dem 9. und 30. Lebensjahr fand. Bei Mitralstenose ergaben sich folgende Mittelwerte für die einzelnen Druckbereiche:

Gruppe I : 4,72 ± 0,492 mm
Gruppe II : 6,21 ± 0,493 mm
Gruppe III : 7,97 ± 0,635 mm
Gruppe IV : 11,35 ± 0,725 mm

In 81 % der Fälle von Gruppe I (21 Messungen) wurde ein 3 bis 7 mm vorspringender Pulmonalisbogen gemessen; in 3 Fällen war das Pulmonalissegment nicht prominent; 1-mal wurde eine Vorwölbung von 12 mm bestimmt. In Gruppe II (45 Messungen) betrug das Maß des Pulmonalisvorsprungs bei 73 % der Fälle 5 bis 10 mm; in 6 Fällen war der Pulmonalisbogen nicht prominent; in je einem Fall wurde eine Vorwölbung von 11 bzw. 12 mm gemessen. 77 % der Fälle von Gruppe III (30 Messungen) wiesen einen 6 bis 13 mm vorspringenden Pulmonalisbogen auf; einmal war dieser nicht prominent; in einem Fall wurde ein Vorsprung von 17 mm gemessen. In Gruppe IV (20 Messungen) lagen die Maße in 80 % der Fälle zwischen 10 und 15 mm; je 1-mal wurde eine Vorwölbung von 5, 6, 8 und 20 mm bestimmt.

Es findet sich also eine deutliche Zunahme der Vorwölbung des Pulmonalissegments bei fortschreitender Drucksteigerung in der A. pulmonalis. Da der Abstand der Mittellinie zur Kontur der Pulmonalarterie in Zentimetern, dagegen der Abstand der erwarteten Kontur des Gefäßbandes vom Rand der Pulmonalarterie in Millimetern zunimmt, muß in die erstere Messung auch eine Größen- und Formänderung des Herzens eingehen.

s) Bei der Messung des Abstandes der peripheren Gefäßstrukturen von der Thoraxwand ergab sich wie bei der Untersuchung der normalen Lungenbefunde eine weite Strauung der Maße in allen Druckbereichen. Die Mittelwerte und ihre zugehörigen Variationsgrenzen lauten:

Gruppe I : 6,714 ± 0,585 mm (1,358 bis 12,07 mm)
Gruppe II : 9,2 ± 0,878 mm (-2,58 bis 20,98 mm)
Gruppe III : 9,836 ± 1,075 mm (-1,924 bis 21,596 mm)
Gruppe IV : 8,4 ± 0,931 mm (0,08 bis 16,72 mm)

f) Der Durchmesser der Arterie A 3b kam nur in insgesamt 29 Fällen orthoröntgenograd zur Darstellung. Es ergaben sich gegenüber dem Mittelwert der Gesunden der Altersgruppe 30 - 50 von 4,08 ± 0,11 mm geringfügig höhere Mittelwerte, die jedoch von den Messergebnissen bei Gesunden der Altersgruppen 15 - 30 und 50 - 70 nicht abweichen (s. Tab. 2). Die Mittelwerte der einzelnen Druckgruppen lauten:

Gruppe I : 4,66 ± 0,192 mm
Gruppe II : 5,09 ± 0,201 mm
Gruppe III : 5,5 ± 0,433 mm
Gruppe IV : 5,38 ± 0,558 mm

g) Für Herzgesunde wurde an 100 normalen Thoraxaufnahmen der Altersgruppe 30-50 ein mittlerer Basaldurchmesser von 11,69 ± 0,08 cm bestimmt; die Variationsgrenze betrug 10,09 bis 13,29 cm. Die Mittelwerte des Basaldurchmessers bei Mitralstenose lauten für die einzelnen Druckbereiche:

Gruppe I : 13,09 ± 0,228 cm
Gruppe II : 13,44 ± 0,183 cm
Gruppe III : 14,11 ± 0,291 cm
Gruppe IV : 14,43 ± 0,299 cm

In Gruppe I wurden Längenmaße zwischen 10,5 und 16 cm gemessen. In 24 von 33 Fällen (73 %) lag der Basaldurchmesser zwischen 12 und 14 cm. Nur 5-mal war er 14,5 bis 16 cm lang. In Gruppe II wurden Basaldurchmesser von 11 bis 17,5 cm Länge gemessen mit einer Häufung der Maße zwischen 12 und 15,5 cm. In diesem Bereich lagen 58 von 71 Fällen (81 %). Nur in 5 Fällen war der Basaldurchmesser 16 bis 17,5 cm lang. 37 von 41 Fällen (90 %) der Gruppe III wiesen einen Basaldurchmesser zwischen 12 und 16 cm Länge auf. In einem Fall wurde als niedrigster Wert 11,5 cm gemessen; in 3 Fällen betrug der Basaldurchmesser 16,5, 17,5 bzw. 22 cm. Im ersten der 3 letztgenannten Fälle handelt es sich um ein kombiniertes Mitralvitium mit relativer Tricuspidalinsuffizienz, im zweiten Fall um eine Mitralstenose mit Tricuspidalinsuffizienz und im dritten Fall um eine überwiegende Mitralinsuffizienz. In diesen Fällen dürfte daher die Dilatation des rechten bzw. linken Vorhofes entscheidend an der Verlängerung dieses Herzdurchmessers, dessen Länge stets in erster Linie durch die Ausflußbahn des rechten Ventrikels bestimmt wird, beteiligt sein, da bei stärkerer Dilatation

des rechten Vorhofes der Meßpunkt des rechten Herzzwerchfellwinkels nicht mehr in den Bereich der rechten Vorhofkammergrenze zu liegen kommt. In Gruppe IV betrug der Basaldurchmesser in 30 von 34 Fällen (88 %) 12,5 bis 16,5 cm. In einem Fall war er 11,5 cm lang, in einem weiteren 17 cm und in 2 Fällen wurden 18 cm gemessen, ohne daß in den Fällen mit großem Basaldurchmesser eine überwiegende Mitralinsuffizienz oder eine komplizierende Tricuspidalinsuffizienz bestand.

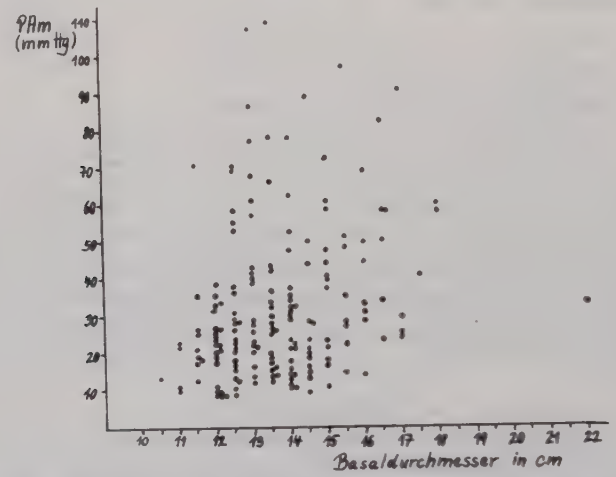


Abb. 12: Beziehung zwischen Basaldurchmesser und Pulmonalarteriendruck

Abb. 12 läßt eine Zunahme des Basaldurchmessers bei Druckanstieg in der Pulmonalarterie erkennen. Jedoch finden sich relativ häufig auch bei stark erhöhtem Pulmonalarteriendruck Maße bis zum Normalbereich. In einem Teil der Fälle ist der Basaldurchmesser vergrößert, ohne daß der mittlere Pulmonalarteriendruck erhöht ist. In jedem Fall ist jedoch ein Vergleich mit dem Mittelwert der Normalpersonen möglich, und ein Basaldurchmesser von mehr als 15 cm weist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine pulmonale Hypertonie hin. Im Einzelfall gestattet dieses Herzmaß indessen keine verbindlichen Rückschlüsse auf das Ausmaß der arteriellen Drucksteigerung.

h) Die durch Flüssigkeitsanreicherung um die Lungengefäße bedingten und vorwiegend im costodiaphragmalen Winkel in Erscheinung tretenden Septum- oder B-Linien (KERLEY) wurden in keinem Fall der Gruppe I gefunden. Bei leichter pulmonaler Hypertonie (Gruppe II) waren sie in 7 Fällen eben erkennbar und traten in einem Fall deutlicher in Erscheinung. Bei mittelschwerem pulmonalen Hochdruck (Gruppe III) fanden sich B-Linien in 15 Fällen (36 %), während sie in Gruppe IV (bei schwerer pulmonaler Hypertonie) in 10 Fällen (29 %) beobachtet wurden.

Ein Erguß fand sich in keinem Fall der Gruppe I. In den Gruppen II und III lag ein Erguß jeweils in 2 Fällen vor. In Gruppe IV wurde dieser Befund 4-mal erhoben.

Eine Lungenhämosiderose wurde in insgesamt 12 Fällen röntgenologisch diagnostiziert, In 10 von diesen Fällen lag der mittlere Pulmonalarteriendruck über 43 mm Hg. Gruppe I enthielt keinen Fall von Hämosiderose. In Gruppe II zeigten 2 Röntgenbilder hämosiderotische Verschattungen; in einem von diesen Fällen mußte die Diagnose jedoch in Frage gestellt werden. Gruppe III wies 4 Fälle von Hämosiderose auf, während sie in Gruppe IV in 6 Fällen gesehen wurde. Die Hämosiderose ging also in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle mit stark erhöhtem Pulmonalarteriendruck einher.

C: Planimetrische Untersuchung zur Mitteldruckbestimmung im kleinen Kreislauf

1) Planimetrierung der Pulmonalarteriendruckkurve zum Vergleich mit den errechneten Mitteldruckwerten

In der folgenden Untersuchung soll die Anwendbarkeit der zur Gewinnung des mittleren Druckes in der Pulmonalarterie gebräuchlichen Formel

$$Pm = Pd + 0{,}42 \times \Delta P$$

Pm = Mitteldruck
Pd = diastol. Druck
ΔP = Druckamplitude

geprüft werden. Die Formel wurde von WEZLER und BÖGER durch Integration des Subclaviasphygmogrammes für die Bestimmung des Mitteldruckes in den Arterien des großen Kreislaufs gewonnen. Es wurde daher zum Vergleich mit dem mittels dieser Formel errechneten Mitteldruck eine Planimetrierung der Druckkurve der Pulmonalarterie bei 56 Patienten mit Mitralstenose oder kombiniertem Mitralvitium mit überwiegender Stenose vorgenommen. Planimetriert wurde in jedem Fall ein 6 aufeinanderfolgenden Herzaktionen entsprechender Kurvenabschnitt (außer in 2 Fällen, bei denen wegen unzureichender Aufzeichnung nur 2 Druckabläufe planimetriert werden konnten), wobei von jeweils 2 Planimetrierungen der arithmetische Mittelwert der Auswertung zugrunde gelegt wurde. Dabei ergab sich eine weitgehende Übereinstimmung der planimetrisch gewonnenen mit den errechneten Werten (s. Tab. 7 und Abb. 13). In nur 5 von 56 Fällen differierte der planimetrisch bestimmte Mitteldruck um mehr als 2 mm Hg vom errechneten Wert. Eine Differenz von mehr als 3 mm Hg fand sich nur in 2 Fällen. Die planimetrisch gewonnenen Werte wurden den errechneten Mitteldruckwerten in Tab . 7 gegenübergestellt.

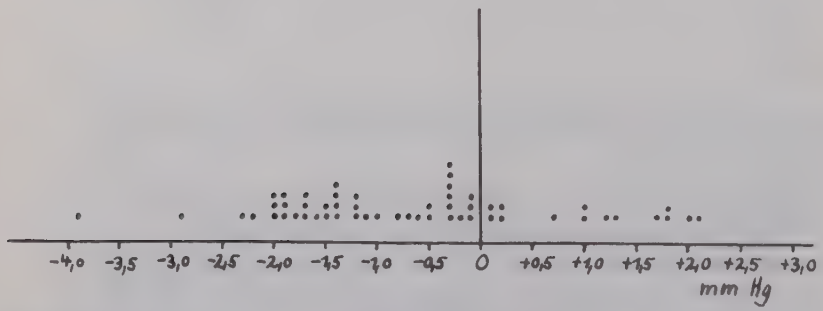


Abb. 13: Abweichung des planimetrisch gewonnenen Mitteldruckes vom errechneten Mitteldruck (= 0) in mm Hg.

Diese Übereinstimmung der Ergebnisse ist trotz verschiedener Einwände vorhanden:

1) Aus dem gesamten Untersuchungsmaterial von 179 Mitralstenosefällen wurden alle diejenigen Kurven zur

Planimetrierung herangezogen, bei denen die zugehörigen Eichkurven vorhanden waren. Es gelangten daher auch einige Kurven zur Auswertung, die nicht bei optimaler Dämpfung aufgezeichnet worden waren. Die sog. Schleuderzacken waren jedoch bei der rechnerischen Bestimmung des mittleren Pulmonalarteriendruckes eliminiert worden, während der Planimetrierung in jedem Fall der registrierte Kurvenablauf zugrundegelegt wurde. In den beiden Fällen, die eine Abweichung des planimetrisch bestimmten Mitteldruckes vom errechneten Wert von mehr als 3 mm aufwiesen, handelte es sich in einem Fall um eine völlig ungedämpfte Kurve (Dämpfungsbereich 0) und in dem anderen Fall um eine Aufzeichnung im Dämpfungsbereich I. Allein diese Berücksichtigung der Dämpfungsstufe bei der Rechnung - mit der mehr oder minder subjektiven Bemessung der Schleuderzacken - muß notwendigerweise zu einer gewissen Diskrepanz der Ergebnisse beider Meßmethoden führen.

2) Eine absolute Arrhythmie sowie das Auftreten von Extrasystolen kann eine weitere Ursache für eine Abweichung der Ergebnisse beider Mitteldruckbestimmungen darstellen. In diesen Fällen muß die Planimterierung einer 6 Druckabläufen entsprechenden Fläche ebenfalls einen anderen Wert ergeben als die Bestimmung des Mitteldruckes mit Hilfe einer Formel unter Zugrundelegung von gemessenen Höchst- und Niedrigstwerten.

3) Des weiteren muß der Grund für eine gewisse Diskrepanz der Ergebnisse zweifellos in der Verschiedenheit beider Methoden selbst gesucht werden: Planimetriert wurde jeweils ein zusammenhängender Kurvenabschnitt in einem bestimmten Verstärkungsbereich, während bei der von einem anderen Untersucher durchgeführten Messung stets wesentlich mehr als 6 Herzrevolutionen ausgewertet wurden, die oft sogar in verschiedenen Verstärkungsbereichen aufgezeichnet waren.

4) Schließlich liegt eine geringe - für klinische Forderungen jedoch sicher unbedeutende - Ungenauigkeit in der Umrechnung auf mm Quecksilber mit Hilfe auf Millimeterpapier aufgezeichneter Eichkurven begründet.

	Name d.Pat.	Druck in A. pulm.	Errechn. PAm	Plan. gewonn. PAm	Pulm. kap. druck	Plan. gewonn. PCm
1)	Tw.R.	14/4	8,2	6,8	-	-
2)	Wa.L.	18/4	9,9	8,0	6/3	4
3)	Jo.W.	19/5	10,9	11,0	9/7	7,9
4)	Mü.J.	18/6	11,0	11,2	-	-
5)	Pf.W.	23/3	11,4	9,4	(10/-3)	-0,8
6)	Bu.H.	19/7	12,0	10,0	-	-
7)	Kl.E.	24/5	13,0	12,7	9/4	6,5
8)	vH.G.	25/5	13,4	13,1	-	-
9)	Sa.W.	26/5	13,8	14,8	-	-
10)	Re.H.	22/8	13,9	13,8	-	-
11)	Pe.E.	18/11	13,9	16,0	11/8	9,8
12)	Dö.R.	20/10	14,2	13,7	7/1	3,9
13)	Pa.E.	20/11	14,8	15,8	12/6	7,3
14)	Ob.K.	26/8	15,6	14,5	11/5	9,5
15)	Ki.T.	30/6	16,1	14,9	20/9	13,5
16)	Sch.L.	26/9	16,1	15,8	-	-
17)	Kl.L.	26/10	16,7	16,1	9/4	6,8
18)	Ma.K.	26/11	17,3	16,8	14/7	11,0
19)	Wo.B.	27/11	17,7	16,3	21/8	11,2
20)	Na.R.	26/12	17,9	17,8	6/4	5,0
21)	Sch.H.	30/11	19,0	20,8	15/5	7,5
22)	As.M.	34/12	20,4	20,5	23/10	14,1
23)	Ni.F.	30/15	21,3	21,0	18/8	11,6
24)	Ju.E.	40/8	21,5	21,2	24/9	15,0
25)	Ki.A.	30/15	21,5	21,3	-	-
26)	Pa.K.	36/12	22,1	19,2	18/6	8,8
27)	St.A.	36/13	22,7	21,0	23/5	12,2
28)	Gr.R.	33/16	23,1	20,9	-	-
29)	Da.I.	39/12	23,3	23,5	14/5	7,5
30)	Bo.H.	31/18	23,5	23,5	18/10	12,0
31)	Ge.E.	35/18	25,1	23,7	20/12	15,8
32)	Gü.M.	40/15	25,5	27,3	28/15	18,8
33)	Vo.L.	35/20	26,3	28,3	23/13	17,7
34)	Ed.M.	38/18	26,4	26,3	6/4	4,9
35)	Kl.	40/17	26,7	25,0	24/14	16,8
36)	Ho.K.	45/14	27,0	25,5	22/8	12,0
37)	Bi.K.	42/19	28,6	27,0	23/14	17,1
38)	Hi.E.	44/23	31,8	33,1	27/19	24,0
39)	Ke.F.	58/14	32,7	31,5	29/11	18,3
40)	Be.J.	46/23	33,0	31,0	26/14	18,5
41)	Sch.S.	62/16	35,3	33,5	37/22	25,8
42)	We.E.	55/22	35,8	35,5	25/12	19,0
43)	Gr.M.	52/24	35,8	33,9	28/16	22,0
44)	Ch.L.	53/24	36,2	35,5	29/20	23,8
45)	Ur.M.	53/26	37,3	38,5	26/13	16,3
46)	Ha.F.	60/26	40,3	38,0	35/22	28,1
47)	Ko.H.	65/35	47,6	48,3	25/16	19,6
48)	Re.E.	72/30	47,6	46,8	-	-
49)	Fi.M.	90/27	53,4	52,0	48/30	40,0
50)	Re.E.	90/33	56,9	53,0	46/22	31,0
51)	Sch.D.	83/44	60,4	59,2	42/18	25,5
52)	Sch.F.	107/30	62,3	64,0	35/12	22,0
53)	Bi.	95/48	67,7	66,0	-	-
54)	He.I.	100/44	67,5	66,0	30/25	27,8
55)	Kl.R.	110/45	72,2	70,3	-	-
56)	Ko.O.	118/49	78,0	77,0	91/56	36,0

Tab. 7: Gegenüberstellung der errechneten und planimetrisch gewonnenen Mitteldruckwerte

Unter den genannten Voraussetzungen darf eine größere Übereinstimmung der Ergebnisse beider Methoden zur Bestimmung des Mitteldruckes in der Pulmonalarterie nicht erwartet werden. Die vorliegende Untersuchung bestätigt daher die Anwendbarkeit der Formel $Pm = Pd + 0{,}42 \times \Delta P$ auch für die Pulmonalarterie.

2) Planimetrierung der Pulmonalkapillardruckkurve

Eine exakte Bestimmung des mittleren Pulmonalkapillardruckes ist nur durch Planimetrierung der Herzkatheterdruckkurve möglich (BAYER und LOOGEN). Dieses geht aus der großen Variabilität des Kurvenbildes deutlich hervor. Wie bei der Planimetrierung der Pulmonalarterienkurve wurde ein 6 aufeinanderfolgenden Herzrevolutionen entsprechender Kurvenabschnitt gemessen. In 11 Fällen fehlte eine Aufzeichnung des Pulmonalkapillardruckes, in einem Fall konnte die Kurve wegen technisch unzureichender Registrierung nicht verwertet werden, so daß die Planimetrierung nur in 44 Fällen vorgenommen werden konnte. Wegen fehlerhafter Aufzeichnung mußte die Planimetrierung in 8 Fällen auf weniger als 6 Herzaktionen beschränkt werden. Teils war der Druckablauf sowohl im Atemstillstand als auch bei oberflächlicher Respiration registriert worden, teils lag lediglich eine Aufzeichnung mit leichten Atemschwankungen vor.
Für die rechnerische Ermittlung der systolischen und diastolischen Druckwerte waren ebenso wie bei der Auswertung der Pulmonalarteriendruckkurve die arithmetischen Mittelwerte einer möglichst großen Anzahl von Messungen maßgebend. Die Ergebnisse der planimetrischen Mitteldruckbestimmung sind in Tab. 7 zusammengestellt.

3) Korrelation zwischen mittlerem Pulmonalarteriendruck und mittlerem Pulmonalkapillardruck

Abschließend wurden die planimetrisch gewonnenen Mitteldruckwerte der Pulmonalarterie zu denen der "Pulmonalkapillare" in Beziehung gesetzt. In Abb. 14 wurden die Druckwerte von 44 Patienten gegenübergestellt. Trotz der relativ geringen Zahl der Fälle kommt in diesem

Diagramm zum Ausdruck, daß es von einer gewissen kritischen Grenze an, die offenbar bei einem mittleren Pulmonalkapillardruck von 20 bis 25 mm Hg liegt (BAYER und LOOGEN), zu einem relativ stärkeren Anstieg des Pulmonalarteriendruckes kommt. Diese Grenze entspricht etwa der in Teil B der vorliegenden Arbeit ermittelten Druckhöhe in der Pulmonalarterie um 30 mm Hg, bei deren Überschreitung die Engstellung der peripheren Lungenkerngefäße röntgenologisch in Erscheinung tritt.
Die Aussagefähigkeit des Röntgenbildes über das Vorliegen einer Widerstandserhöhung im Arteriolengebiet wird somit durch diese planimetrische Untersuchung der Mitteldruckwerte gestützt.

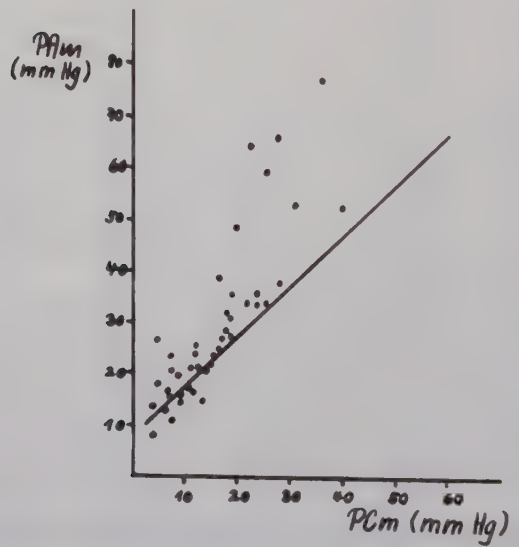


Abb. 14: Korrelation zwischen Pulmonalarterienmitteldruck und mittlerem Pulmonalkapillardruck (die Gerade entspricht dem Druckgradienten von GROSSE-BROCKHOFF)

III. DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, daß bei Normalpersonen mit zunehmendem Lebensalter eine röntgenologisch erkennbare Verbreiterung der rechten absteigenden Pulmonalarterie (pars intermedia) einhergeht. Vom Säuglingsalter bis zum 70. Lebensjahr nehmen die Mittelwerte des Gefäßdurchmessers von 4,46 mm bis 12,17 mm zu. Die größte Arterienweite von 15 mm wurde fast ausschließlich zwischen dem 50. und 70. Lebensjahr gemessen, jedoch nur in einer Minderzahl der Fälle.

ASSMANN gibt im Jahre 1920 eine normale Breite der rechten A. pulmonalis von durchschnittlich 12 bis 13 mm an. Einen Arteriendurchmesser von 14 bis 15 mm bezeichnet er als "Grenzbreite". Die eigenen Untersuchungen ergeben ein geringfügig niedrigeres Mittelmaß der normalen Weite der pars intermedia der Pulmonalarterie beim Erwachsenen von 11 bis 13 mm, die obere Normgrenze ist 15 mm.

In jüngerer Zeit kommt die Mehrzahl der Autoren zu einem ähnlichen Ergebnis. STENDER gibt als normales Maß der Arterie eine Weite von 10 bis 15 mm an. Die gleiche Angabe über den normalen Schwankungsbereich des Gefäßdurchmessers machen ROUSSEL et al.. SCHWEDEL et al. sehen einen Arteriendurchmesser von 14 mm als obere Normgrenze an. Die Untersuchungen dieser Autoren erstrecken sich auf 100 Normalpersonen im Alter zwischen 18 und 60 Jahren. Bei 90 % der Röntgenaufnahmen maßen sie eine 9 bis 13 mm breite Pulmonalarterie. In nur 4 Fällen war die Arterie 15 mm breit oder breiter; das Alter dieser Personen lag zwischen 40 und 60 Jahren. Der Focusfilmabstand betrug bei den amerikanischen Untersuchungen 183 cm. Die Weitenänderung der A. pulmonalis, die durch diesen um 33 cm größeren Focusfilmabstand bei der röntgenologischen Darstellung verursacht wird, beträgt - bezogen auf eine Gefäßweite von 13 mm - 0,18 mm; diese geringfügige Differenz kann vernachlässigt werden.

Lediglich 2 Arbeiten berichten über Meßergebnisse der im Übersichtsbild erkennbaren normalen Weite der A. pulmonalis innerhalb verschiedener Altersstufen. CHANG legt zusätzlich Wert auf eine Unterscheidung zwischen inspiratorischem und exspiratorischem Maß des Arteriendurchmessers. Er untersucht insgesamt 1085 normale, jeweils in tiefer In- und Exspiration aufgenommene Thoraxaufnahmen (Focusfilmabstand 183 cm) und unterteilt sie nach Geschlecht und Alter in jeweils 2 Gruppen, die Aufnahmen von Normalpersonen im Alter zwischen 18 und 40 bzw. 41 und 70 Jahren enthalten. Bei 39 gesunden Männern, von denen 24 zwischen 18 und 40 Jahre alt waren, fand er eine 16 mm breite A. pulmonalis in Inspirationsstellung des Thorax. Bei Frauen betrug der Gefäßdurchmesser in keinem Fall 16 mm. In insgesamt 243 Fällen wies das Röntgenbild eine 15 mm weite Pulmonalarterie auf; 235 dieser Aufnahmen waren in Inspirationsstellung und 8 in Exspiration exponiert worden. In Exspirationsstellung verschmälerte sich die Arterie um durchschnittlich 2 mm. Außerdem ergaben seine Untersuchungen bei Männern und in der höheren Altersgruppe geringfügig höhere Mittelwerte des Gefäßdurchmessers als bei Frauen und den Personen der jüngeren Altersstufe (18 bis 40 Jahre).
Ein Vergleich mit den Ergebnissen der eigenen Untersuchung zeigt, daß die dem jeweiligen Lebensalter entsprechenden mittleren Werte der Arterienweite den exspiratorischen Mittelwerten der von CHANG untersuchten Fälle ungefähr entsprechen. Seine Angaben über den inspiratorischen Gefäßdurchmesser liegen beträchtlich höher. Diese Diskrepanz zwischen in- und exspiratorischen Werten ist möglicherweise mit einer verschiedenen Gefäßfüllung, insbesondere bei ungewolltem Valsalva, zu erklären.

Bei Kindern wurde die normale Weite der rechten A. pulmonalis (pars intermedia) lediglich von LEINBACH gemessen. Er untersucht insgesamt 243 konventionelle Thoraxaufnahmen vom Säuglingsalter bis zum 14. Lebensjahr und unterteilt sie in 7 Altersstufen, die jeweils 2 Lebensjahre umfassen. Bei einem Vergleich mit den eigenen

Untersuchungsergebnissen muß die relativ geringe Anzahl der von LEINBACH untersuchten Fälle (je Altersstufe etwa 30 Messungen) sowie die Andersartigkeit seines Einteilungsschemas berücksichtigt werden. Jedoch entsprechen sich die Ergebnisse ungefähr. Der unterschiedliche Focusfilmabstand von 183 cm bzw. 100 cm bei Kindern unter 3 Jahren verursacht - bezogen auf einen Gefäßdurchmesser von 6 mm - bei der röntgenologischen Darstellung eine Weitenänderung der Pulmonalarterie von 0,32 mm. Diese geringe Differenz kann vernachlässigt werden. Im ganzen ergaben die eigenen Untersuchungen um einige Zehntel Millimeter niedrigere Mittelwerte.

Der aus 126 Messungen gewonnene mittlere Arteriendurchmesser des Säuglingsalters (bis zur Vollendung des 1. Lebensjahres) liegt bei 4,5 mm. LEINBACH bestimmt für die ersten beiden Lebensjahre einen Mittelwert von 6,1 mm, jedoch liegen seiner Berechnung nur 25 Messungen zugrunde, von denen die Mehrzahl an Röntgenaufnahmen von Kindern im Alter zwischen 1 und 2 Jahren vorgenommen wurde. Des weiteren gibt er an, daß in der Altersgruppe 0 - 2 von 60 normalen Röntgenaufnahmen nur in 25 Fällen eine Weitenbestimmung der A. pulmonalis möglich war. Dagegen konnten in der vorliegenden Arbeit auch innerhalb des ersten Lebensjahres ca. 80 % der Röntgenbilder ausgewertet werden.

Zur Deutung pathologischer Befunde kommt der Meßbarkeit der Gefäßweite der A. pulmonalis im Vergleich mit dem Gesunden eine große Bedeutung zu. Demgegenüber ist die Darstellbarkeit der röntgenologisch noch sichtbaren pleuranahen Gefäße stärker von einer Änderung der Aufnahmespannung, Änderung der Atemlage und Dicke des Patienten abhängig. Dadurch schwankt die Distanz der peripheren Gefäßstrukturen von der Pleura erheblich und ist ein unzuverlässiges Kriterium. Die Meßergebnisse der Subsegmentarterie 3 b zeigen hingegen, zumindest im Kindesalter, eine kontinuierliche, mit dem Wachstum fortschreitende Zunahme des Gefäßdurchmessers

und ein für die einzelnen Altersstufen jeweils charakteristisches Normalmaß. Der Schatten der pars intermedia der rechten Pulmonalarterie ist bei normalem Herz- und Lungenbefund stets gut abgrenzbar. Durch eine stärkere Herzverbreiterung kann die Messung erschwert werden, wenn der trennende Aufhellungsstreifen des Bronchiallumens vom Herzschatten verdeckt wird. In diesen Fällen führt eine leichte Drehung in den ersten schrägen Durchmesser zu einer klaren Abgrenzung des Gefäßes.

Die Dilatation der A. pulmonalis ist ein diagnostisch aufschlußreiches Zeichen bei allen Formen der pulmonalen Hypertonie (STENDER; SCHWEDEL et al.; STENDER et al. ROUSSEL et al.). Bei der Lungendrucksteigerung kardialer Ursache besitzen die kongenitalen Vitien mit vermehrtem Lungenstromvolumen infolge Links-Rechtsshunt und die sekundäre arterielle Hypertonie infolge venöser Rückstauung insbesondere bei Mitralklappenveränderung eine hervorragende klinische Bedeutung. Hier ist der Vergleich mit dem Normalmaß des jeweiligen Alters ein objektives Kriterium pathologischer Veränderungen.

ASSMANN fand im Jahre 1920 unter 20 Fällen mit einer Pulmonalarterienbreite von mehr als 15 mm 19 organische Herzleiden, darunter 10 Mitralfehler. Von 37 Fällen mit einer Gefäßweite von weniger als 14 mm handelte es sich in 27 Fällen um gesunde Herzen, jedoch in 10 Fällen um Patienten mit einer organischen Herzerkrankung, darunter 2 Mitralfehler. Diese früheren Befunde weisen schon auf die in neuerer Zeit bestätigte große diagnostische Bedeutung, andererseits aber auch auf die Problematik in der Beurteilung dieses röntgenologischen Kriteriums hin. Während einige Autoren (BORNEMANN et al.; ROUSSEL et al.; DAVIES et al.) eine unmittelbare Beziehung zwischen Arterienweite und Pulmonalarteriendruck annehmen, betonen andere Untersucher (SCHWEDEL et al.; ESCH und THURN), daß eine direkte quantitative Korrelation zwischen beiden Größen nicht besteht. Die eigenen Untersuchungen bestätigen die letztere Auffassung. Auch bei deutlich erhöhtem Pulmonalarteriendruck wurden in einer gewissen Anzahl von Fällen

Gefäßdurchmesser innerhalb des Normbereichs gemessen. Ebenso ging in einigen Fällen eine Erweiterung der Pulmonalarterie bis zu 18 mm mit noch normalen intravasalen Druckwerten einher, wobei man eine rheumatische Gefäßwandschädigung diskutieren muß (REINDELL et al.). Andererseits muß jedoch festgestellt werden, daß die Fälle mit schwerer pulmonaler Hypertonie (PAm >50 mm Hg) bis auf eine Ausnahme einen Arteriendurchmesser von über 15 mm aufwiesen; in 2 Fällen wurde eine Breite von 15 mm gemessen. Im Druckbereich zwischen 30 und 49 mm Hg besitzt die ganz überwiegende Mehrzahl der Fälle eine 15 mm breite oder breitere Pulmonalarterie, während bei den Patienten mit mittleren Pulmonalisdruckwerten unter 30 mm Hg eine indifferente Verteilung der Arterienmaße zwischen 9 und 18 mm gefunden wurde. In 3 Fällen dieser Gruppe, denen mittlere Druckwerte von 29,2, 28,4 bzw. ebenfalls 28,4 mm Hg entsprachen, betrug der Gefäßdurchmesser 20 mm.

Die Ursache für das Fehlen einer linearen Korrelation zwischen Pulmonalarteriendruck und Gefäßweite muß wohl in erster Linie in dem Ausmaß der rheumatischen Gefäßwandschädigung sowie der Dauer des Bestehens der Lungendrucksteigerung im Einzelfall gesucht werden. Aber auch ohne Berücksichtigung dieser Faktoren können aus der röntgenologisch meßbaren Weite der A. pulmonalis wichtige diagnostische Schlüsse gezogen werden. Beträgt der Durchmesser des Gefäßes 18 mm oder mehr, kann mit dem Vorliegen einer pulmonalen Hypertonie gerechnet werden, bei der der mittlere Pulmonalarteriendruck über 30 mm Hg beträgt. Bei einem Gefäßdurchmesser unter 17 mm handelt es sich in der Mehrzahl der Fälle um eine leichte Druckerhöhung im Pulmonalkreislauf bis zu einem mittleren Pulmonalarteriendruck von 30 mm Hg, obwohl eine stärkere Drucksteigerung nicht ausgeschlossen werden kann. Bemerkt sei auch, daß es sich zum Beispiel in 2 Fällen, deren Druckwerte bei 23,9 bzw. 25,5 mm Hg lagen, um 14 bzw. 16 Jahre alte Patienten handelte, so daß die gemessene Arterienweite von 12 mm (in beiden Fällen) eine Verbreiterung gegenüber dem dem Alter entsprechenden mittleren Normalmaß von 10 bis höchstens

11 mm bedeutet. In dieser Weise vermag der Vergleich mit dem normalen, altersgemäßen Arteriendurchmesser im Einzelfall die Bedeutung dieses röntgenologischen Kriteriums zu erhöhen.
Vergleicht man die Weitenänderung der A. pulmonalis bei steigendem arteriellen Lungendruck mit den in dieser Arbeit erhobenen Befunden der Gefäße des Lungenkerns, so ergibt sich eine deutliche Parallelität. Bei arteriellen Mitteldruckwerten unter 30 mm Hg überwiegt das Bild der weitgestellten Kerngefäße, wobei die Dilatation der Oberlappenvenen besonders auffallend ist. Der Durchmesser der Pulmonalarterie beträgt in diesem Druckbereich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle höchstens 17 mm. Diesem Stadium liegt in erster Linie eine Stase im venösen Kreislauf zugrunde. HENSELMANN, RUDOLPH und BAEDEKER fanden bei der rein venösen pulmonalen Hypertonie, d. h. der lediglich durch Rückstauung im kleinen Kreislauf bedingten Blutdrucksteigerung in der A. pulmonalis, keine Dilatation des Gefäßes.
Bei mittelschwerer pulmonaler Hypertonie (PAm 30 bis 49 mm Hg) tritt eine deutliche Engstellung der basalen Gefäße in über 50 % der Fälle auf, während enggestellte basale, vereinzelt auch verengte kraniale Gefäße in mindestens 85 % der Fälle mit schwerem pulmonalen Hochdruck (Gruppe IV) beobachtet wurden. Gleichzeitig wird die zunehmende Erweiterung der pars intermedia der Pulmonalarterie röntgenologisch sichtbar, die bei Druckwerten über 50 mm Hg besonders ausgesprochen ist.

Die Befunde entsprechen den Beobachtungen anderer Autoren über den Verlauf der gestörten Hämodynamik im kleinen Kreislauf bei Mitralstenose (GROSSE-BROCKHOFF; HORNYKIEWYTSCH und STENDER; STENDER et al.; ACTIS-DATO et al.; DOYLE et al.; GOODWIN; STEINER; ABER et al.). Der röntgenologisch sichtbaren Verengerung der Pulmonalgefäße liegen nach histologischen Untersuchungen organische Gefäßwandveränderungen zugrunde (HARRISON; ABER et al.). Es wird angenommen, daß zunächst vasokonstriktorische Reaktionen auftreten, die allmählich bei längerem Bestehen der Drucksteigerung

in Mediahypertrophie und sklerotische Intimaveränderungen übergehen. Die Ausbildung der funktionellen und morphologischen Veränderungen an den kleinen Lungengefäßen wirkt sozusagen im Sinne einer "zweiten Stenose", die die stärkere Ausweitung der zentralen Gefäßstämme zur Folge hat. Das frühere Auftreten verengter Gefäße in den basalen Lungenabschnitten kann in dem höheren hydrostatischen Druck und in Diffusionsstörungen infolge Sauerstoffuntersättigung (GROSSE-BROCKHOFF) begründet sein. Die Divergenz zwischen den Befunden an Ober- und Unterlappengefäßen wird von anderen Autoren bestätigt (DOYLE et al.; HARRISON; STENDER et al.).
Die Prominenz des Pulmonalisbogens als Maß des Abstandes der größten Konvexität von der Mittellinie ist nur verwertbar, wenn keine Fehlhaltung, keine stärkere Skoliose, keine Mediastinalverlagerung und wenn eine korrekte Projektion vorliegen. Es ergab sich zwar ein geringfügiger Anstieg der Mittelwerte der einzelnen Druckbereiche und ein deutlicher Unterschied gegenüber dem normalen Mittelwert der Altersgruppe 30 - 50, da die genannten Faktoren jedoch das Meßergebnis im Einzelfall in unkontrollierbarer Weise beeinflussen, legen wir mehr Wert auf die Messung des Abstandes, der dem optischen Eindruck des "vorspringenden Pulmonalisbogens" entspricht. Sie ergab eine starke Zunahme der Vorwölbung bei fortschreitender Drucksteigerung in der A. pulmonalis und auch eine deutliche Prominenz des Pulmonalissegments bei den Fällen der Gruppe I ohne Druckanstieg in der A. pulmonalis in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle. Der prozentuale Anteil der Fälle mit stärker vorgewölbtem Pulmonalisbogen ist in den höheren Druckbereichen erheblich größer. Die gleiche Beobachtung machen ESCH und THURN sowie ROUSSEL et al., während sie eine quantitative Korrelation nicht feststellen. Auch die vorliegende Untersuchung ergibt keine unmittelbare Abhängigkeit des Ausmaßes der Vorwölbung von der Druckhöhe.

Als Ausdruck der venösen Rückstauung findet sich in zunehmendem Maße eine deutliche Netzzeichnung. Verstärkte Netzzeichnung kann verursacht sein durch vermehrte Gefäßfüllung, interstitielles Ödem oder Fibrose als Folge der länger bestehenden Druckerhöhung. Keiner dieser Zustände findet sich in einfacher Relation zum Pulmonalarteriendruck. Röntgendiagnostisch ist unter Beachtung aller Kriterien die verschiedene Ursache der Netzzeichnung zu beurteilen. Weiterhin kommt es zum Auftreten der von KERLEY beschriebenen costodiaphragmalen Septum- oder B-Linien infolge von transsudativen Vorgängen in die Interlobär- und Interlobulärsepten. B-Linien stärkerer Ausprägung wurden erst bei mäßigem pulmonalen Hochdruck gesehen. Sie waren bei einem mittleren Pulmonalarteriendruck von 30 bis 49 mm Hg in 36 % der Fälle vorhanden und bei einem Mitteldruck über 50 mm Hg in 29 % der Fälle. Bei leichter pulmonaler Hypertonie (PAm 15 bis 29 mm Hg) wurden lediglich in 10 % der Fälle initiale Septumlinien beobachtet. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen einer Untersuchung von GRAINGER überein, der unterhalb eines diastolischen Pulmonalarteriendruckes von 25 mm Hg keine B-Linien sah, während sie bei diastolischen Druckwerten zwischen 25 und 70 mm Hg in 30 % der Fälle in voller Ausprägung vorlagen. JOHNSON et al. fanden dagegen bei der Analyse von insgesamt 51 Röntgenbildern in jedem Fall Septumlinien, sobald der Mitteldruck in der A. pulmonalis über 48 mm Hg lag (16 Fälle). Das Auftreten der B-Linien steht jedoch in engerer Korrelation mit einem erhöhten Pulmonalkapillardruck (GRAINGER, CARMICHAEL et.al.).

Die Messungen des Abstandes der am weitesten peripher gelegenen Gefäßstrukturen von der Thoraxwand ergaben bei Mitralstenose ebenso wie bei den normalen Lungenaufnahmen uncharakteristische Mittelwerte und einen so weiten Schwankungsbereich der Einzelwerte, daß sie als Kriterium zur Beurteilung der pulmonalen Hypertonie nicht herangezogen werden können. Desgleichen ergaben die Messungen der Subsegmentarterie A 3b uncharakteri-

stische Mittelwerte für alle Druckbereiche.
Erguß und Hämosiderose waren seltene Befunde der in dieser Arbeit untersuchten Krankheitsfälle. Eine Lungenhämosiderose wurde in insgesamt 12 Fällen (6 %) gesehen. Bei 10 dieser Patienten lag der Mitteldruck in der Pulmonalarterie über 43 mm Hg. In 3 Fällen waren die Herde verkalkt. Diese Untersuchungsergebnisse stimmen mit den Angaben von HAUBRICH und VERSEN überein, nach denen eine Lungenhämosiderose in etwa 5 % der Fälle röntgenologisch in Erscheinung tritt und einer zunehmenden arteriellen Hypertonie eine ausschlaggebende pathogenetische Bedeutung zukommt.

Des weiteren ergeben sich typische Merkmale der arteriellen Druckbelastung aus der Formanalyse der Herzsilhouette. Meßbare Kriterien sind der Basaldurchmesser und die Vorwölbung des Pulmonalissegments. Bei einem großen Teil der untersuchten Fälle, insbesonders aus den Druckbereichen I und II (bis zu einem Mitteldruck von 30 mm Hg), lag das Maß des Basaldurchmessers unterhalb der von VON BOROS und NAUMANN für Mitralfehler angegebenen Länge von 13 bis 18 cm. In wenigen Fällen wurde sogar ein noch kürzerer Basaldurchmesser als der von diesen Autoren für das normale Herz angegebene Durchschnittswert von 11,5 cm bzw. dem in der vorliegenden Arbeit ermittelten Normalwert von 11,69 cm für die Altersgruppe 30 - 50 gemessen. Mit steigendem arteriellen Mitteldruck wird eine Verlängerung dieses Herzmaßes beobachtet; die den jeweiligen Druckbereichen entsprechenden Mittelwerte steigen an. Jedoch zeigt sich eine weite Streuung der Einzelwerte, so daß aus der Länge dieses Herzdurchmessers nur mit Vorbehalt diagnostische Folgerungen bezüglich der Höhe des arteriellen Lungendruckes gezogen werden dürfen. Ein über 15 cm langer Basaldurchmesser spricht aber mit einem hohen Grad der Wahrscheinlichkeit für eine arterielle Hypertonie, wobei über das Ausmaß der Drucksteigerung allerdings keinerlei Aussage möglich ist. Die fehlende Proportionalität zwischen Länge des Basaldurchmessers und Pulmonalarteriendruck hat möglicherweise ihre Ursache darin, daß nach Untersuchungen

von REINDELL et al. die Vergrößerung des rechten $H_e$rzens bei Mitralstenose nicht primär eine Anpassung an die vermehrte Druckbelastung darstellt, sondern daß sie zum Teil auf dem Boden einer myogenen, rheumatisch bedingten Dilatation entsteht.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß den Verlaufsstadien der gestörten Hämodynamik bei Mitralstenose typische röntgenologische Erscheinungsbilder entsprechen, die gemäß dem kontinuierlichen Fortschreiten der Veränderungen fließend ineinander übergehen. Das Stadium der venösen Rückstauung mit unbeeinflußtem Druckgradienten zwischen venösem und arteriellen Kreislauf (GROSSE-BROCKHOFF) ist durch eine allgemeine Blutüberfüllung der Lungen mit Gefäßweitstellung und beginnender Manifestierung eines interstitiellen Ödems gekennzeichnet. Die kapillare Hypertension leitet in das zweite Hauptstadium über, das auf einem gesteigerten Arteriolenwiderstand beruht. Es beginnt die Engstellung der peripheren Gefäße des Lungenmantels, die sich mit zunehmendem Schweregrad der pulmonalen Hypertonie nach kranial ausbreitet. Die Pulmonalarterie zeigt oberhalb eines mittleren Pulmonalarteriendruckes von 30 mm Hg eine deutliche Erweiterung. Bei schwerem Lungenhochdruck treten die Symptome einer Vorwölbung des Pulmonalissegments und eines verlängerten Basaldurchmessers des Herzens mit steigender Häufigkeit auf.
Im Gegensatz zu der Auffassung von DOBEK und TYBORSKI, die die konventionelle Röntgenaufnahme für die Beurteilung der Lungengefäße für ungeeignet halten, kommen ABER, CAMPBELL und MEECHAM auf Grund vergleichender pathologisch-anatomischer, hämodynamischer und radiologischer Studien zu der Schlußfolgerung, daß eine mäßige oder schwere arterielle pulmonale Hypertonie allein aus dem röntgenologischen Erscheinungsbild der Lungengefäße mit Sicherheit diagnostiziert werden kann. Auch STEINER ist der Ansicht, daß

die Röntgenanalyse in Verbindung mit einer gründlichen klinischen Untersuchung in vielen Fällen ausreicht, um eine genaue Diagnose des Krankheitsbildes zu stellen sowie Rückschlüsse auf die Höhe des pulmonalen arteriellen und venösen Druckes ziehen zu können.

Die vorliegende Arbeit erlaubt die Annahme, daß bei vergleichender Betrachtung und sorgfältiger Abwägung aller röntgenologischen Merkmale eine grobe Schätzung des Druckes in der A. pulmonalis aufgrund der Übersichtsaufnahme möglich ist. Liegt ein positiver Einzelbefund, zum Beispiel eine Pulmonalarterienweite von mehr als 18 mm, vor, so kann eine eindeutige Aussage gemacht werden; verschiedene, von den signifikanten, normalen Mittelwerten abweichende Befunde erlauben jedoch ebenfalls bei Beachtung aller Strukturen in allen Abschnitten eine kritische Würdigung der Hämodynamik.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

An 1504 Thoraxübersichtsaufnahmen von Normalpersonen aller Altersstufen wurde die altersgemäße Veränderung folgender röntgenologischer Kriterien untersucht und der biologische Mittelwert der gemessenen Größen für bestimmte Altersgruppen berechnet: 1) der Durchmesser der rechten A. pulmonalis (pars intermedia); 2) die Prominenz des Pulmonalissegments; 3) die Weite der orthograd getroffenen A 3b; 4) die Distanz der am weitesten peripher gelegenen Gefäßstrukturen von der Pleura; 5) die Höhe des Zwerchfellstandes.

Die Untersuchungen brachten folgende Ergebnisse: Für jede Altersgruppe ergab sich eine charakteristische Normalweite der A. pulmonalis. Der Mittelwert ihres Durchmessers stieg vom Säuglingsalter bis zum 70. Lebensjahr von 4,5 bis 12,2 mm an. Die obere Normgrenze der Arterienbreite betrug 15 mm. Die physiologische Häufung eines geringgradig prominenten Pulmonalissegments liegt zwischen dem 9. und dem 30. Lebensjahr. Der Durchmesser der Subsegmentarterie A 3b vergrößert sich ebenfalls mit fortschreitendem Alter. Bei der Bestimmung der Distanz der Gefäße von der Pleura ergab sich eine große Schwankungsbreite der Meßergebnisse in allen Altersgruppen. Das Tiefertreten des Zwerchfells mit zunehmendem Alter ist in der Kindheit am deutlichsten.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden an Übersichtsbildern von 179 Patienten mit Mitralfehlern folgende röntgenologische Kriterien untersucht und mit dem mittels Herzkatheterisierung gemessenen mittleren Pulmonalarteriendruck verglichen, um festzustellen, inwieweit mit Hilfe des gewöhnlichen Röntgenbildes der Grad der pulmonalen Drucksteigerung beurteilt werden kann: 1) Durchmesser der pars intermedia der rechten A. pulmonalis; 2) Weite der Gefäße im Lungenkern; 3) Netzzeichnung im Lungenmantel; 4) Prominenz des Pulmonalisbogens; 5) Abstand der peripheren Gefäßstrukturen von der Pleura; 6) Durchmesser der Arterie A 3b; 7) Basaldurchmesser des Herzens; 8) Manifeste Dekompensationszeichen (costodiaphragmale Septumlinien; Erguß; Hämosiderose).

Die Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen: Die Erweiterung der A. pulmonalis wurde zunehmend oberhalb eines mittleren Pulmonalarteriendruckes von 30 mm Hg deutlich, jedoch bestand auch bei erheblicher Lungendrucksteigerung keine Proportionalität zwischen Gefäßdurchmesser und Pulmonalarteriendruck. Andererseits lag in allen Fällen eine pulmonale Hypertonie vor, in denen das Röntgenbild eine über 18 mm breite A. pulmonalis

aufwies. Die Beurteilung der Gefäßweite im Lungenkern zeigte, daß es mit zunehmender Drucksteigerung in der A. pulmonalis über das Stadium der weitgestellten Kerngefäße mit Blutüberfüllung im kleinen Kreislauf zu peripherer Gefäßengstellung kommt, wobei deutliche Kalibersprünge von den engen sklerosierten Gefäßen der Peripherie zu den verbreiterten Hilusarterien zur Darstellung kamen. Eine Netzzeichnung der Lungenmantelzone trat bei steigendem Pulmonalarteriendruck mit zunehmender Häufigkeit röntgenologisch in Erscheinung. Eine stärkere Vorwölbung des Pulmonalissegments fand sich insbesonders bei mäßiger und schwerer pulmonaler Hypertonie. Die Messungen des Abstandes der am weitesten peripher gelegenen Gefäßstrukturen von der Thoraxwand ergaben uncharakteristische Mittelwerte mit jeweils weitem Streuungsbereich. Ebenso konnte für den Durchmesser der Arterie A 3b ein charakteristisches Verhalten nicht festgestellt werden. Für die Maße des Basaldurchmessers des Herzens ergab sich eine geringfügige Zunahme der Mittelwerte in den einzelnen Druckbereichen und eine deutliche Verlängerung des Durchmessers gegenüber dem Normalwert. Septumlinien wurden erst oberhalb eines Pulmonalarterienmitteldruckes von 30 mm Hg in deutlicher Ausprägung gesehen. Das Auftreten eines Ergusses wurde nur in insgesamt 8 Fällen beobachtet, während eine Lungenhämosiderose 12-mal diagnostiziert wurde. In 10 Fällen ging die Hämosiderose mit einem mittleren Pulmonalarteriendruck von über 43 mm Hg einher.

Durch eine planimetrische Untersuchung von 56 Herzkatheterdruckkurven wurde die Anwendbarkeit der zur Berechnung des Mitteldruckes in der Pulmonalarterie gebräuchlichen Formel

$Pm = Pd + 0{,}42 \times \Delta P$ bestätigt.

Die Arbeit führt zu der Schlußfolgerung, daß bei vergleichender Betrachtung und sorgfältiger Abwägung aller röntgenologischen Merkmale eine grobe Schätzung des Druckes in der A. pulmonalis aufgrund der Übersichtsaufnahme möglich ist.

V. LITERATURVERZEICHNIS

1) ABER, C.P., CAMPBELL, A. und MEECHAM, J.: Arterial patterns in mitral stenosis. Brit. Heart J. 25, 109-118, 1963.

2) ACTIS-DATO, A., ANGELINO, P. F. und BRUSKA, A.: An angiopulmographic study of the lesser circulation in mitral stenosis. Amer. Heart J. 52, 1-6, 1956.

3) ASSMANN, H.: Über Veränderungen der Hilusschatten im Röntgenbilde bei Herzkrankheiten. Dtsch. Arch. klin. Med. 132, 335-361, 1920.

4) BAYER, O. und LOOGEN, F.: Der Herzkatheterismus bei angeborenen und erworbenen Herzfehlern. Verlag Thieme, Stuttgart, 1954.

5) BORDET: zitiert nach v. Boros und Naumann.

6) BORNEMANN, K., MICHEL, D. und HERBST, M.: Über Beziehungen zwischen Hämodynamik und röntgenologischen Herz- und Lungenveränderungen bei der Mitralstenose. Münch. Med. Wschr. 1958, 897-899.

7) v. BOROS, J. und NAUMANN, W.: Das pulmonale Hochdruckherz. Dtsch. Archiv klin. Med. 193, 372-380, 1948.

8) BÜCHERL, E.S.: Methoden, Wert und Ergebnisse der direkten und indirekten Blutdruckmessung im kleinen Kreislauf. Bad Oeynhausener Gespräche I, 1956, S.97-111, Springer 1957.

9) CARMICHAEL, J.H.E., JULIAN,D.G., JONES, G.P. und WREN,E.M.: Radiological signs in pulmonary hypertension. Brit. J. Radiol. 27, 393-397, 1954.

10) CHANG, C.H. (Joseph): The normal roentgenographic measurement of the right descending pulmonary artery in 1085 cases. Am.J.Roentgenol. and Rad. Therapy 87, 929-935, 1962.

11) DAVIES, L.G., GOODWIN, J.F., STEINER, R.E. und van LEUVEN, B.D.: Clinical and radiological assessment of pulmonary arterial pressure in mitral stenosis. Brit. Heart J. 15, 393-400, 1953.

12) DOBEK, J. und TYBORSKI, H.: Kritische Betrachtungen über die radiologische Beurteilung der pulmonalen Hypertonie bei Mitralstenose. Fortschr. Röntgenstr. 98, 409-418, 1963.

13) DOYLE, A.E., J.F. GOODWIN, HARRISON, C.V. und STEINER, R.E.: Pulmonary vascular patterns in pulmonary hypertension. Brit. Heart J. 19, 353-365, 1957.

14) ESCH, D. und THURN, P.: Zur Diagnose der pulmonalen Hypertonie im gewöhnlichen Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. 90, 434-451, 1959.

15) GOODWIN, J.F.: The nature of pulmonary hypertension. Brit. J. Radiol. 31, 174-188, 1958.

16) GOODWIN, J.F., STEINER R.E. und LOWE, K.G.: The pulmonary arteries in mitral stenosis, demonstrated by angiocardiography. J. Fac. Radiol.(Lond.) 4,21-27, 1952.

17) GRAINGER, R. G.: Interstitial pulmonary oedema and its radiological diagnosis. A sign of pulmonary venous und capillary hypertension. Brit.J. Radiol. 31, 201-217, 1958.

18) GROSSE-BROCKHOFF, F.: Pathophysiologie des Lungenkreislaufs. Lungen und kleiner Kreislauf. Bad Oeynhausener Gespräche 1956. S.64-79, Bln.-Göttingen-Heidelberg, Springer 1957.

19) HARRISON, C.V.: The pathology of the pulmonary vessels in pulmonary hypertension. Brit.J.Radiol.31, 217-226, 1958.

20) HAUBRICH, R.: Klinische Röntgendiagnostik innerer Krankheiten I, Thorax. Springer, Bln.-Göttingen-Heidelberg, 1963.

21) HAUBRICH, R. und VERSEN, E.: Über die miliare Lungenhämosiderose im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. 81, 346-354, 1954.

22) HENSELMANN, L., RUDOLPH,W. und BAEDEKER, W.D.: Die röntgenologische Beurteilung der pulmonalen Hypertonie bei Mitralstenosen. Münch. Med. Wschr.106,644-648, 1964.

23) HORNYKIEWYTSCH,Th. und STENDER, H.St.: Das Verhalten der Lungengefäße bei angeborenen und erworbenen Herzfehlern. Fortschr. Röntgenstr. 83, 25-40 , 1955.

24) HORNYKIEWYTSCH,Th. und STENDER, H.ST.: Normale und pathologisch veränderte Lungengefäße im Schichtbild. Fortschr. Röntgenstr. 82, 331-337, 1955.

25) JOHNSON, P.M., WOOD, E.H., PASTERNACK, B.S. ind JONES, M.A.: Roentgen evaluation of pulmonary arterial pressure in mitral stenosis. Radiology 76, 541-547, 1961.

26) KERLEY, P.: Lung changes in acquired heart disease. Amer. J. Roentgenol. 80, 256-263, 1958.

27) LAVENDER, J.P., DOPPMAN ,J., SHAWDON, H. and STEINER R.E.: Pulmonary veins in left ventricular failure and mitral stenosis. Brit. J. Radiol. 41, 293-298, 1962.

28) LEINBACH, L.B.: Roentgenologic evaluation of normal pulmonary arteries in children. Amer. J. Roentgenol. 89, 995-998, 1963.

29) REINDELL, H., BILGER D., STEIM, K., BILGER R., KÖNIG, K., MAIER, G., EMMRICH, J. und GRUMBRECHT, K.: Die Dynamik der Mitralstenose und ihre Bedeutung für die Diagnose und Prognose. Dtsch. Arch. klin. Med. 208, 614-653, 1963.

30) ROUSSEL, J., PERNOT, C., SCHOUMACHER, P. und PERNOT,M.: Les signes radiologiques de l'hypertension artérielle pulmonaire. J. de radiol. 40, 469-477, 1959.

31) SCHERMULY, W.: Das Lungenröntgenbild beim Herzversagen. Der Internist, Jg. 2, 22-30, 1961.

32) SHORT, D.S.: Radiology of the lung in severe mitral stenosis. Brit. Heart J. 17, 33-40, 1955.

33) STEINER, R.E.: Radiological appearances of the pulmonary vessels in pulmonary hypertension. Brit. J. Radiol. 31, 188-200, 1958.

34) STENDER, H.St.: Ein Beitrag zum Krankheitsbild des Cor pulmonale chronicum. Fortschr. Röntgenstr.76, 324-331, 1952.

35) STENDER, H.St., SCHERMULY, W., SCHLITTER, H., SCHÖLMERICH, P. und STEIN, E.: Der Aussagewert des Lungengefäßbildes bei Mitralstenosen. Verhandlg. Dtsch. Gesellsch. inn. Med., 67. Kongress, 403-407, 1961.

36) SCHWEDER, J.B., ESCHER, D.W., AARON, R.S. und YOUNG, D.R.: The roentgenologic diagnosis of pulmonary hypertension, in mitral stenosis. Amer. Heart J. 53, 163-170, 1957.

37) VAQUEZ u. BORDET nach HOLZMANN, M.: Röntgenuntersuchg. d. Brusteingeweide. In: Lb. d. Röntgendiagnostik; Hsg. Schinz, H.R., W.E. Baensch, E. Friedl, E. Uehlinger, G. Thieme, Stuttgart, 1952.

38) VIAMONTE, M., PARKS, R. und BARRERA, F.: Roentgenographic prediction of pulmonary hypertension in mitral stenosis. Amer.J. Roentgenolog. 87, 936-947, 1962.

39) WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Gustav Fischer Verlag, 1964.

40) WEZLER, K. und BÖGER, A.: Die Dynamik des arteriellen Systems. Ergebn.d.Physiologie 41, 292-606, 1939.

41) WHITAKER, W. und LODGE, Th.: The radiological manifestations of pulmonary hypertension in patients with mitral stenosis. J. Fac. Radiol. 5, 182-188, 1954.

42) WOOD, P.: Pulmonary hypertension. Brit. Heart J. 20, 557-570, 1958.

43) ZDANSKY, E.: Röntgendiagnostik des Herzens und der großen Gefäße. Wien, Springer 1962.

Mein aufrichtiger Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. W. Schermuly für die Überlassung des Themas sowie für seine stete Hilfsbereitschaft bei der Durchführung der Arbeit.

LEBENSLAUF

Am 11. 8. 1938 wurde ich als Tochter des Architekten Wolfgang Schreiber und seiner Ehefrau, der Mittelschullehrerin Dorothee Schreiber, geb. Zimmermann, als erstes Kind von fünf Geschwistern in Dessau/Anhalt geboren. Von Ostern 1944 bis zu unserer Flucht nach Westdeutschland im März 1952 besuchte ich verschiedene Volksschulen in Dessau. Anschließend war ich bis Juli 1953 Schülerin des Gymnasiums in Bad Ems (Lahn). Ich besuchte dann die Wissenschaftliche Oberschule für Mädchen in Hamburg-Blankenese, wo ich am 9. Februar 1957 die Reifeprüfung ablegte. Nach einem einjährigen Aufenthalt in Cambridge/England besuchte ich in Hamburg eine Höhere Handelsschule. Im Jahre 1959 begann ich das Medizinstudium an der Universität Marburg (Lahn), wo ich im Sommer 1962 die ärztliche Vorprüfung bestand. Die klinischen Semester hörte ich ebenfalls in Marburg und beendete am. 6. Dezember 1966 das medizinische Staatsexamen. Von Januar bis März 1967 war ich als Medizinalassistentin an der Universitäts-Augenklinik tätig. Danach arbeitete ich an der Universitäts-Nervenklinik. Augenblicklich bin ich an der Medizinischen Universitäts-Poliklinik als Medizinalassistentin tätig.

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Herren Professoren und Dozenten:
Beckmann, Behrend, Berendes, Bickel, Braun-Falco, Bücher, Dimroth, Dittrich, Dölle, Exner, Gedigk, Golenhofen, Hamm, Hartmann, Hensel, Hess, Heuser, Hildebrandt, Hornung, Huber, Jacob, Kessler, Lang, Linneweh, Löhr, Lübbers, Mahr, Mann, Martini, Mattes, Marx, du Mesnil de Rochemont, Neubauer, Nessing, Oksche, Overbeck, Petry, Poetschke, Rodeck, Rohen, Salfeld, Sauer, Seidel, Siegert, Siess, Süsse, Schadewaldt, Schermuly, Schiff, Schleyer, Schmid, Schmitz, Schölmerich, Schrappe, Schwaiger, Stein, Stender Straub, Streicher, Vogt, Walcher, Wendt, Würterle.